

**VŠB- Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra mechanické technologie**

**Racionalizace výrobního procesu**

**Rationalization of the Production Process**

**Student:**

**Bc. Martin Chalupa**

**Vedoucí diplomové práce:**

**doc. Ing. Josef Novák, CSc.**

**Ostrava 2010**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Chalupa**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Racionalizace výrobního procesu**  
**Rationalization of the Production Process**

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu.
2. Posouzení současného stavu.
3. Specifikace problémů.
4. Racionalizace procesu.
5. Celkové zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

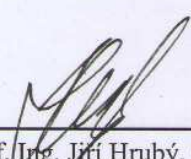
*Organizace a řízení* [online]. Ostrava (Česká republika): FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008–. [cit.2008-12-14].  
URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/organizace-a-řízení.pdf>  
NOVÁK, Josef. *Datová základna pro údržbu, montáže a další pomocné a obslužné práce: soubor základních technologických postupů*. Ostrava 2004, 266 s.  
*Racionalizace výroby* [online]. Ostrava (Česká republika): FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008–. [cit.2008-12-14].  
URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/ekonomika-a-řízení-provozu.pdf>  
TOMEK, Gustav. VÁVROVÁ, Věra. *Řízení výroby*. Grada Publishing, 1999. 439 s. ISBN 80-7169-578-5

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

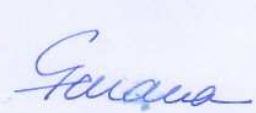
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Josef Novák, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010

  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě, dne 21. 5. 2010



.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na mojí diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst.3)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomovou práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было sjednáno, že s VŠB – TUO, в případě зájму з její strany, uzavру лиценční сmlouvu s oprávněním užít dílo в rozsahu §12 odst.4 autorského zákona.
- было sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněná ode mne požadovat přiměřený příspěvek на úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO на vytvoření díla vynaložены (až до jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu на výsledek její обhajoby.

V Ostravě, dne 21. 5. 2010



.....  
podpis studenta

Bc. Martin Chalupa  
Frýdecká 52  
Český Těšín  
737 01

## **Anotace diplomové práce**

CHALUPA, M. *Racionalizace výrobního procesu: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2010, 73 s. Vedoucí práce: Novák, J.

Diplomová práce se zabývá racionalizací výrobního procesu ve společnosti Strojírny Třinec, a. s. V úvodu je zpracována analýza současného stavu výrobního procesu a jeho zhodnocení. Na základě analýzy jsou specifikovány hlavní problémy, jenž vedou k zpomalení, nebo zastavení výrobního procesu.

V další části práce jsou popsány a provedeny metodické postupy, kterými chci dosáhnout odstranění ztrátových časů, zvýšení produktivity a zavedení prvků štíhlých výrobních systémů na pracoviště.

## **Annotation of Master Thesis**

CHALUPA, M. *Rationalization of the Production Process: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2010, 73 p. Thesis head: Novák, J.

Master thesis is deal with rationalization of the production process in the company Strojírny Třinec, a. s. The analysis of present production process and its evaluation is made in the prologue. Main problems which lead to the retardation or failure of industrial proces are specified on the base of analysis.

I want to achieve the eliminate in the idle time, increase of productivity and implementation elements of the lean production system on workplace by methodical admittances, which are described and made next.

## **Obsah diplomové práce**

<b>Seznam použitého značení.....</b>	<b>8</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Analýza současného stavu .....</b>	<b>12</b>
1.1 Charakteristika společnosti.....	12
1.1.2 Historie a současnost Strojíren Třinec, a. s. ....	12
1.2 Popis současného stavu obrábění odlitku .....	13
1.2.1 Pracoviště tepelných úprav .....	16
1.2.2 Frézovací pracoviště .....	16
1.2.2.1 Frézárna – první a druhé upnutí .....	17
1.2.2.2 Frézárna – třetí upnutí .....	21
1.2.3 Obrážecí pracoviště.....	22
1.2.4 Zámečnické pracoviště .....	24
<b>2 Posouzení současného stavu .....</b>	<b>25</b>
<b>3 Specifikace problémů.....</b>	<b>26</b>
<b>4 Racionalizace procesu .....</b>	<b>27</b>
4.1 Metodické přístupy k racionalizaci procesů .....	27
4.1.1 Metody zjišťování a určování spotřeby času .....	27
4.1.2 Členění spotřeby času v průběhu směny.....	29
4.1.3 Štíhlé výrobní systémy.....	31
4.1.3.1 Štíhlé výrobní systémy použité při racionalizaci pracovního procesu.....	33
4.2 Racionalizace řezných parametrů .....	36
4.3 Racionalizace pracovního postupu pomocí časových studií.....	38
4.3.1 Snímek pracovního dne na první frézce.....	38
4.3.2 Snímek pracovního dne na druhé frézce .....	42
4.3.3 Snímek operace na třetí frézce .....	46
4.3.4 Snímek pracovního dne na obrážecím pracovišti .....	49
4.4 Racionalizace zavedením metodiky SMED.....	52
4.4.1 Racionalizace na první frézce .....	52
4.4.2 Racionalizace na druhé frézce .....	53
4.4.3 Racionalizace na obrážecím pracovišti.....	54

4.4 Racionalizace rozšířením metodiky 5S.....	56
<b>5 Celkové zhodnocení navrženého řešení .....</b>	<b>59</b>
5.1 Zhodnocení racionalizace řezných parametrů .....	59
5.2 Zhodnocení racionalizace na první frézce .....	61
5.3 Zhodnocení racionalizace na druhé frézce.....	63
5.4 Zhodnocení racionalizace na třetí frézce .....	64
5.5 Zhodnocení racionalizace na obrážecím pracovišti .....	65
5.6 Zhodnocení racionalizace rozšířením metodiky 5S.....	66
<b>Závěr .....</b>	<b>67</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>68</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>70</b>
<b>Poděkování .....</b>	<b>73</b>

## **Seznam použitého značení**

D	průměr frézy	[mm]
J	jednotlivý čas	
K <sub>r</sub>	koeficient rozpětí časové řady	
L <sub>F</sub>	frézovaná délka	[mm]
L <sub>V</sub>	vrtaná hloubka	[mm]
N <sub>F1</sub>	počet minut na operaci na první frézce	[min]
N <sub>F2</sub>	počet minut na operaci na druhé frézce	[min]
N <sub>F3</sub>	počet minut na operaci na třetí frézce	[min]
N <sub>OB</sub>	počet minut na operaci na obrážecím pracovišti	[min]
P	postupný čas	
T	čas směny	[min]
U <sub>1</sub>	stupeň zaměstnanosti	[%]
U <sub>2</sub>	podíl podmíněně nutných přestávek	[%]
U <sub>3</sub>	podíl zbytečné spotřeby času způsobené pracovníkem	[%]
U <sub>4</sub>	podíl zbytečné spotřeby času způsobené technicko – organizačními ztrátami	[%]
U <sub>5</sub>	procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbytečné spotřeby času, způsobené pracovníkem	[%]
U <sub>6</sub>	procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbytečné spotřeby času, způsobené technicko – organizačními ztrátami	[%]
U <sub>7</sub>	celkové procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním ztrátových časů	[%]
U <sub>C</sub>	celkové procento možného zvýšení produktivity odstraněním ztrátových časů a zavedením metodiky SMED	[%]
U <sub>P</sub>	zvýšení produktivity změnou řezných parametrů	[%]
U <sub>SMED</sub>	procento možného zvýšení produktivity zavedením metodiky SMED	[%]
V <sub>F1</sub>	směnová výrobnost na první frézce	[ks]
V <sub>F2</sub>	směnová výrobnost na druhé frézce	[ks]
V <sub>F3</sub>	směnová výrobnost na třetí frézce	[ks]
V <sub>OB</sub>	směnová výrobnost na obrážecím pracovišti	[ks]
a <sub>p</sub>	hloubka třísky	[mm]
d	průměr vrtáku	[mm]
f	posuv doporučený výrobcem	[mm/ot]



## Diplomová práce

i	počet záběrů	
$k_{VHB}$	korekce na tvrdost	
$k_{VT}$	korekce na trvanlivost	
$k_{VX}$	korekční součinitel zohledňující stav stroje	
$l_1$	výška špičky vrtáku	[mm]
$f_z$	posuv na zub doporučený výrobcem	[mm/zub]
n	počet otáček	[ot/min]
$t_1$	čas práce	[min]
$t_2$	čas obecně nutných přestávek	[min]
$t_3$	čas podmíněčně nutných přestávek	[min]
$t_{A1}$	čas jednotkové práce	[min]
$t_{A2}$	čas obecně nutných přestávek během jednotkové práce	[min]
$t_{A3}$	čas podmíněčně nutných jednotkových přestávek	[min]
$t_{A1UPN}$	jednotkový čas upnutí do přípravku a centrování, se směnovou přírážkou	[min]
$t_{A1UPN.x}$	jednotkový čas upnutí do přípravku a centrování, bez směnové přírážky	[min]
$t_{B1}$	čas dávkové práce	[min]
$t_{B2}$	čas obecně nutných přestávek během dávkové práce	[min]
$t_{B3}$	čas podmíněčně nutných dávkových přestávek	[min]
$t_{C1}$	čas směnové práce	[min]
$t_{C2}$	čas obecně nutných přestávek směnových	[min]
$t_{C3}$	čas podmíněčně nutných směnových přestávek	[min]
$t_D$	osobní ztráty	[min]
$t_E$	technicko – organizační ztráty	[min]
$\bar{t}_i$	průměrná hodnota časové řady	[s]
$t_{max}$	maximální hodnota v časové řadě	[min]
$t_{min}$	minimální hodnota v časové řadě	[min]
$t_S$	strojní čas	[min]
$t_{SD}$	strojní čas s parametry doporučenými od výrobce	[min]
$v_{30}$	řezná rychlost doporučená výrobcem	[m/min]
$v_c$	řezná rychlost	[m/min]
$v_f$	posuvová složka řezné rychlosti	[mm/min]
$v_c$	zpětná rychlost	[m/min]
y	délka přebíhání frézy	[mm]
z	počet zubů frézy	

## Úvod

„Při své práci jsem neměl na mysli vybudování závodu, ale lidí. Chtěl jsem doslova vybudovat člověka, který by byl výkonný a lépe sloužil zákazníkům a on by potom vybudoval závod. Jsme totiž přesvědčený, že největší ztráty v podniku vznikají nesprávným postojem, který má člověk ke své práci, svým spolupracovníkům a zákazníkům. Organizátor, který chce vybudovat velký podnik, musí nejdřív vytvořit morální a psychologickou základnu, na které by se jeho spolupracovníci mohli vyvíjet.“

Tomáš Baťa, 1930.

Podniky, jenž chtějí v dnešní době prosperovat, se musí snažit o co jak největší různorodost svých výrobků. To je dáno především tím, že dnešní trhy se orientují na individuální požadavky zákazníků. Na druhé straně je však nezbytné kvalitu výrobků a služeb neustále zvyšovat.

K dosažení těchto cílů slouží především štíhlé výrobní systémy. Ty mají svůj původ 50. letech u japonských výrobců automobilů, kteří byli schopni vyrábět automobily rychleji, lépe a levněji, než jejich západní konkurenti. V 90. letech proto štíhlé výrobní systémy začaly využívat i společnosti v západní Evropě.

Implementace Štíhlých výrobních systémů lze obecně popsat několika kroky:

- analýza skutečného stavu,
- analýza příčin stavu,
- znalost metodiky a postupů,
- vize, cíle, termíny,
- společné řešení problémů - nestálá komunikace se zákazníkem, se zaměstnanci, což by mělo vést k postupné proměně podniku, lidí v něm, k jejich změně myšlení a chování.

Poslední bod je dle mého názoru nejdůležitější. V dnešní době společnosti často utrácejí velké peníze za externí odborníky, zatímco nejlepší informace pro zlepšování procesů mohou získat u svých zaměstnanců. Změny, které jsou prováděny bez přímé účasti zaměstnanců, jsou obvykle i hůře přijímány ve výrobě. Zdá se mi, že v dnešních podnicích vážně komunikace mezi vrcholovým vedením a zaměstnanci, kteří pak nemají pocit, že usilují o stejné cíle.

Tradiční pohled na výrobní systém, který vyžaduje od zaměstnanců jen disciplínu a plnění příkazů sice může zabezpečit stabilitu systému, ale zanedbává to nejcennější co ve výrobě podnik má – lidský potenciál. Lidé by neměli být placeni pouze za plnění norem. Je třeba od nich požadovat, aby se kolem sebe rozhlédli, odhalili formy plýtvání a hledali možnosti, jak se dá práce udělat rychleji, lépe a levněji a hlavně je třeba je za tuto činnost i odměňovat!

Závěr úvodního slova bych chtěl věnovat rozhovoru mezi Konosuke Matsushita, zakladatele podniku Matsushita Electric Industries s obratem 60 miliard dolarů a jeho zaměstnancem:

„Co dělá Matsushita Electric?“

Zaměstnanec odpověděl: „Vyrábíme televizory, rádia a vysavače.“

„Ne, ne, ne!“ zvolal Konosuke Matsushita.

„My děláme lidi! Nejdřív lidi, až potom výrobky. Matsushita Electric je místo, kde se dělají lidé. Tím musí být naše firma známá!“

# **1 Analýza současného stavu**

## **1.1 Charakteristika společnosti**

### **1.1.1 Historie a současnost Strojíren Třinec, a. s.**

Strojírny Třinec jsou dceřinou akciovou společností Třinecký železáren, a. s., s dlouholetou tradicí výroby strojírenských podniků.

Jejich historie začala v roce 1885, kdy byly vybudovány Mechanické dílny jako údržba pro všechny provozy Třineckých železáren. Během prvních válečných let v roce 1914 až 1918 byla výroba zaměřena především na plnění vojenských zakázek. Podobná situace nastala v letech 1942 až 1953, kdy byly dílny rozšířeny, aby pokryly výrobu vojenského materiálu, zároveň v tomto období byl postaven provoz pro výrobu drobného kolejiva. V roce 1970 byl spuštěn nový provoz soustružny válců a opravy vagónů. V roce 1991 byly tyto tři provozy vyčleněny a pojmenovány jako Divize D3 – Strojírenská výroba. Roku 1997 se Divize D3 stala akciovou společností s názvem Třinecké železáreny – strojírenská výroba, a.s., jako dceřiná společnost Třineckých železáren a. s. V roce 2005 Třinecké železáreny – strojírenská výroba, a.s. změnila svůj název na současné Strojírny Třinec, a.s. V následujících letech probíhala modernizace všech provozů.

V současnosti jsou Strojírny Třinec, jak vyplývá z předchozího odstavce, tvořeny třemi výrobními provozy:

- drobné kolejivo,
- mechanické dílny,
- soustružna válců.

Součástí firmy je i samostatné pracoviště konstrukce a vývoje. Ve společnosti je zaveden systém řízení jakosti EN ISO 9001:2000. Systém řízení jakosti obsahuje činnosti, od marketingu, přes vývoj, nákup, přípravu výroby, výrobu, až po kontrolní činnost, obchod, expedici a servis. V podniku je rovněž zavedena norma o ochraně životního prostředí EN ISO 14001:2004.

## 1.2 Popis současného stavu obrábění odlitku

Tématem mé práce je racionalizovat výrobní proces obrábění odlitku. Výrobek se nazývá Eimerschake a jedná se o jeden ze článků korečkového řetězu. Popis pracovního procesu provedu předně pomocí technologického postupu.

Tab. 1 – Technologický postup

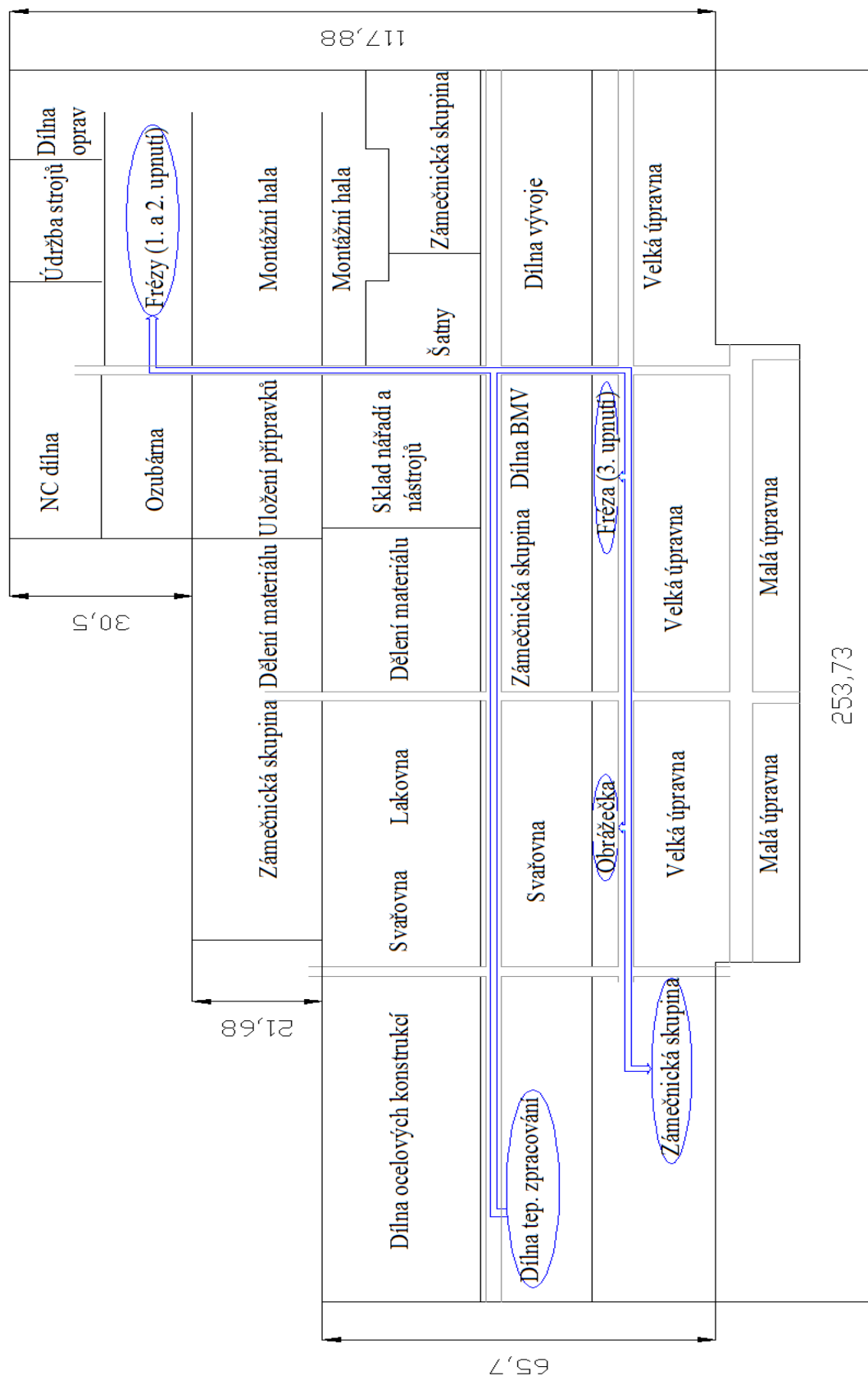
VŠB - TU OSTRAVA		Technologický postup		
Vypracoval: Bc. Chalupa		Číslo výkresu: DP - E 1	Název: Eimerschake	
Datum: 1. 4. 2010		Materiál: 42CrMo4V	Rozměr 1 kusu: 310 x 1202	
Č. op.	Pracoviště	Popis práce	Nástroj, měřidlo	Poznámky
1.	Tepelné úpravy	Kontrola dodaných odlitků, evidence, zušlechťt na tvrdost 244 - 276 HB, kontrola tvrdosti.	Brinellův tvrdoměr	3 měření
2.	Frézárna	Upnutí do přípravku + centrování		
2.1		Frézování nálitků na čisto na rozměr 155 mm + 4 mm, frézování vybrání na čisto šířky 545 mm + 0,3 mm do hloubky 52 mm od čela.	Frézovací hlava: 160C09R – S450D06D VBD: RDEX 1604 MOSN - 12; 8040	$n = 200 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 200 \text{ mm/min}$ $a_p = 3 \text{ mm}$
2.2		Frézování čela na čisto na rozměr 155 mm + 4 mm.	Frézovací hlava: 100A07R - S450D06D VBD: ODMT 0605 ZZN; 8230	$n = 260 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 300 \text{ mm/min}$ $a_p = 3,5 \text{ mm}$
2.3		Frézovat na čisto boky vybrání 545 mm x 52 mm, R = 20 mm, přeměření šablonou	Frézovací hlava: 100A3R – SXSICV 1512N74 – 300 VBD: SVCQ15 – 00000; 8045 Měřicí šablona	$n = 145 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 60 \text{ mm/min}$ $a_p = 10 \text{ mm}$
2.4		Vrtat 3 otvory Ø50 mm skrz.	Vrták: 7720 – 50KT802 VBD: WCMT 0804 12E – 48; 8030	$n = 220 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 45 \text{ mm/min}$ $a_p = 25 \text{ mm}$
2.5		Hrubování děr Ø174 mm.	Hrubovací tyč: 125 PN 221782 $z = 2$ VBD: SCMT 1204 08 – E48; 9230	$n = 80 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 22 \text{ mm/min}$ $a_p = 9 \text{ mm}$
2.6		Frézování na čisto děr Ø174 mm ± 0,2 mm, přeměření.	Hrubovací tyč: 125 PN 221782 $z = 1$ VBD: CCMT 1204 08 - E48; 9230 Mikrom. odpich	$n = 160 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 30 \text{ mm/min}$ $a_p = 0,5 \text{ mm}$
2.7		Zhotovení zápichů Ø195 mm ± 0,2 mm / Ø 227 mm ± 0,5 mm, do hloubky 16 mm ± 1 mm.	Vypichovací tyč D = 195 mm / 227 mm VBD: CCMT 09T308E – 47; 6630	$n = 16 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 2 \text{ mm/min}$ $a_p = 8 \text{ mm}$

2.8		Srážení hrany 1 x 45° na Ø174 mm, odjehlít.	Stranový nůž levý ČSN 22 3717 Bruska	$n = 80 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 20 \text{ mm/min}$ $a_p = 1 \text{ mm}$
2.9		Upnutí do druhého přípravku + centrování, přeměření	Mikrom. odpich	
2.10		Frézování čela na čisto na rozměr 155 mm + 4 mm.	Frézovací hlava: 100A07R - S450D06D VBD: ODMT 0605 ZZN; 8230	$n = 260 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 300 \text{ mm/min}$ $a_p = 1 \text{ mm}$
2.11		Zhotovení zápichů Ø195 mm ± 0,2 mm / Ø 227 mm ± 0,5 mm, do hloubky 16 mm ± 1 mm.	Vypichovací tyč D = 195 mm / 227 mm VBD: CEMENT 09T308E – 47; 6630	$n = 16 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 2 \text{ mm/min}$ $a_p = 8 \text{ mm}$
2.12		Srážení hrany 1 x 45° na Ø174 mm.	Stranový nůž levý ČSN 22 3717	$n = 80 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 20 \text{ mm/min}$ $a_p = 1 \text{ mm}$
2.13		Frézování mazací jamky do hloubky 6 mm od vnitřní plochy otvoru 174 mm	Fréza na T drážky D = 195 mm z = 12	$n = 60 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 3 \text{ mm/min}$ $a_p = 4 \text{ mm}$
2.14		Frézování drážky do hloubky 5 mm od vnitřní plochy otvoru 174 mm	Fréza na drážky VBD: CCMT 09T308E – 47; 6630	$n = 20 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 50 \text{ mm/min}$ $a_p = 5 \text{ mm}$
2.15		Otočit o 60°, vrtat otvor Ø14 mm skrz	Vrták D = 14 mm	$n = 300 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 20 \text{ mm/min}$ $a_p = 1 \text{ mm}$
2.16		Řezat závit M16 do hloubky 12mm	Závitník: WEXO M16 x 1,5	$n = 150 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 225 \text{ mm/min}$ $a_p = 1 \text{ mm}$
2.17		Otočit zrcadlově na druhou stranu, vrtat otvor Ø14mm skrz	Vrták D = 14 mm	$n = 300 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 20 \text{ mm/min}$ $a_p = 1 \text{ mm}$
2.18		Řezat závit M16 do hloubky 12mm, odjehlít	Závitník: WEXO M16 x 1,5 Bruska	$n = 150 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 225 \text{ mm/min}$ $a_p = 1 \text{ mm}$
2.19		Přepnutí do třetího přípravku		
2.20		Vrtání 3 šikmých děr Ø 23mm, sražení hrany 5 x 45°	Vrták: 803D – 23 20 2 10KT VBD vnější: XPET 0703 VBD vnitřní: SCET 0703	$n = 450 \text{ min}^{-1}$ $a_p = 11,5 \text{ mm}$
3.	Obrážek	Upnutí do přípravku		
3.1		Obrázení 2 drážek o šířce 30 mm - 2 mm do hloubky 6 mm + 1 mm	Drážkovací nůž h = 14 mm b = 25 mm Drážkovací nůž h = 30 mm b = 25 mm	$f = 0,1 \text{ mm/min}$ $v_c = 5 \text{ mm}$ $v_z = 10 \text{ mm}$
4.	Zámečník	Odjehlení, příprava na expedici	Bruska	

Pozn.: Řezné parametry z technologického postupu je nutno brát pouze orientačně, jelikož nejsou pevně předepsány a dělníci si je nastavují dle vlastního uvážení.

Jak je patrné z technologického postupu, odlitek během cyklu kdy dochází k jeho transformaci na hotový výrobek, prochází čtyřmi pracovišti: pracoviště tepelných

úprav, frézovací pracoviště, obrážecí pracoviště a zámečnické pracoviště. Ty budou následně detailně popsány.



Obr. 1 – Materiálový tok výrobku Eimerschake v závodě (rozměry jsou v metrech)

### **1.2.1 Pracoviště tepelných úprav**

Pracovištěm tepelných úprav prochází odlitek z důvodu jeho zušlechtní. Zušlechťující parametry jsou následující:

Tab. 2 – Tepelné zpracování odlitku

TEP. ZPRAC:	KALENÍ	POPOUŠTĚNÍ
TEPLOTA:	870 °C	590 °C – 620 °C
DOBA:	5 hod. – 6 hod.	5 hod.
OCHLAZOVÁNÍ:	olej	vzduch

Požadovaná tvrdost zušlechtěné součásti je 244 HB – 276 HB. Ta se ověřuje vybroušením malé plošky na odlitku, na které se pak provedou 3 měření tvrdoměrem dle Brinella.

Pro úplnost uvedu detailní postup zušlechtování:

**Kalení:** Počáteční teplota pece maximálně 300 °C → ohřev 80 °C / hod. na teplotu 650 °C → výdrž na teplotě 1 hod. → ohřev 80 °C / hod. na teplotu 870 °C → výdrž na teplotě 5 hod. - 6 hod. (dle vsázky) → ochlazení v olejové lázni.

**Popouštění:** Počáteční teplota pece max. 300 °C → ohřev 80 °C / hod. na teplotu 590 °C → výdrž na teplotě 5 hod. → ochlazení na vzduchu.

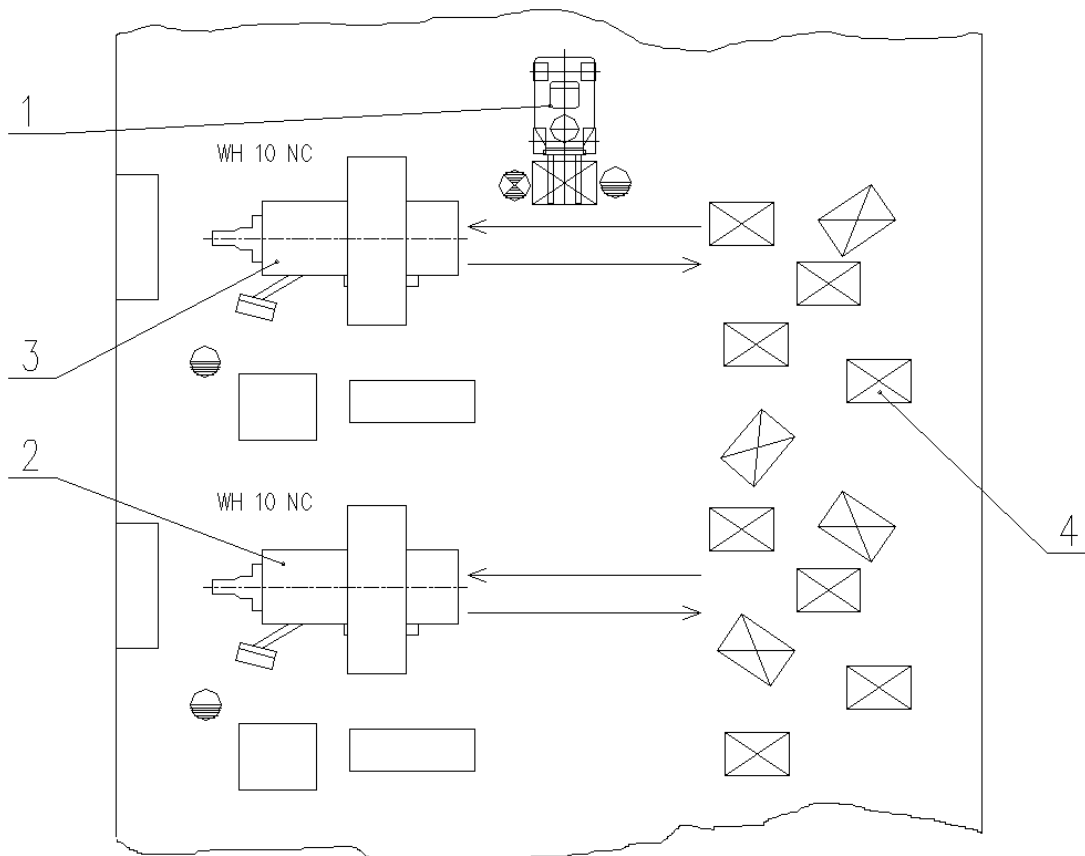
### **1.2.2 Frézovací pracoviště**

V Mechanický dílnách jsou k opracování odlitku Eimerschake využívány tři frézky. Každou z nich obsluhuje jeden zaměstnanec. Každá frézka má na pracovním stole svůj vlastní speciální přípravek pro upnutí odlitku. První frézka je využívána k prvnímu upnutí obrobku na první přípravek, druhá frézka k druhému upnutí na druhý přípravek a třetí, jenž je od prvních dvou poměrně vzdálena, je využívána pro třetí upnutí obrobku na třetí



přípravek. Frézovací pracoviště dále rozdělím na dva pracovní úseky z důvodu přehlednějšího popsání.

#### **1.2.2.1 Frézárna - první a druhé upnutí**



Obr. 2 – Schématický náčrtek frézárny pro první a druhé upnutí

- 1 – Vysokozdvíhový vozík
- 2 – Frézka pro první upnutí
- 3 – Frézka pro druhé upnutí
- 4 – Mezisklad opracovaného i neopracovaného materiálu

Na tomto pracovním úseku dochází k opracování bodů 2.1 až 2.18 z technologického postupu. K opracování jsou využívány frézky typu WH 10 NC, jejichž parametry jsou následující:

- výkon elektromotoru 20 kW,
- otáčky vřetene 10 ot/min – 2500 ot/min,
- upínací plocha stolu 1000 mm x 1120 mm,
- maximální hmotnost obrobku 3 t,
- průměr vřetene 100 mm.

**Pracovní postup dělníka na první frézce ( pro 1. upnutí do přípravku):**

1. Zvednutí jednoho kusu odlitku pomocí mostového jeřábu a uložení na přípravek,
2. centrování a upínání odlitku do přípravku,
3. nasazení nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
4. najetí na čelo odlitku a vybrání odlitku z důvodu nastavení stroje,
5. přeměření odlitku posuvným měřidlem,
6. obrábění bodu 2.1 dle technologického postupu,
7. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
8. obrábění bodu 2.2 dle technologického postupu,
9. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
10. obrábění bodu 2.3 dle technologického postupu,
11. přeměření vybrání šablonou,
12. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
13. obrábění bodu 2.4 dle technologického postupu,
14. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
15. obrábění bodu 2.5 dle technologického postupu,
16. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
17. obrábění bodu 2.6 dle technologického postupu,
18. přeměření mikrometrickým odpichem,
19. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
20. obrábění bodu 2.7 dle technologického postupu,
21. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
22. obrábění bodu 2.8 dle technologického postupu,
23. čištění, odjelení, sundání obrobku z přípravku,
24. přemístění obrobku pomocí mostového jeřábu na zem (k uskladnění obrobku dojde později).

**Pro první upnutí na frézárně jsou časové normy stanoveny následovně:**

Tab. 3 – Normy na první upnutí ve frézárně

Č.op.	Popis činnosti	Čas [min]
2	Upnutí do přípravku, centrování	10
2.1	Frézování nálitků a vybrání	40
2.2	Frézování čela	45
2.3	Frézování boků vybrání	35
2.4	Vrtání otvorů Ø 50 mm	15
2.5	Hrubování Ø 174	40
2.6	Frézování Ø 174	40
2.7	Zhotovení zápichů	30
2.8	Sražení hrany	5
-	Sundání z přípravku, uložení	10
-	<b>Součet</b>	<b>Σ 270</b>

Jak je patrné z tabulky, na první upnutí je stanoven celkový čas 270 minut. Na jednu pracovní směnu připadá ve Strojárnách 462,5 minut.

Směnová výrobnost:

$$V_{F1} = \frac{T}{N_{F1}} = \frac{462,5}{270} = \underline{\underline{1,71 ks / sm}}$$

Teoreticky lze tedy při současné normě obrobit zhruba 1,7 odlitků za směnu na prvním upnutí.

**Pracovní postup dělníka na druhé frézce ( pro 2. upnutí do přípravku):**

1. Zvednutí jednoho kusu obrobku pomocí mostového jeřábu a uložení na přípravek,
2. centrování a upínání obrobku do přípravku,
3. přeměření děr Ø 174 mm mikrometrickým odpichem,
4. nasazení nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
5. obrábění bodu 2.10 dle technologického postupu,
6. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,

7. obrábění bodu 2.11 dle technologického postupu,
8. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
9. obrábění bodu 2.12 dle technologického postupu,
10. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
11. obrábění bodu 2.13 dle technologického postupu,
12. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
13. obrábění bodu 2.14 dle technologického postupu,
14. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
15. obrábění bodu 2.15 dle technologického postupu,
16. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
17. obrábění bodu 2.16 dle technologického postupu,
18. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
19. obrábění bodu 2.17 dle technologického postupu,
20. výměna nástroje a případné otočení břitových destiček, či jejich výměna,
21. obrábění bodu 2.18 dle technologického postupu,
22. čištění, odjehlení, sundání obrobku z přípravku,
23. uskladnění obrobku pomocí mostového jeřábu.

**Pro druhé upnutí na frézárně jsou časové normy stanoveny následovně:**

Tab. 4 – Normy na druhé upnutí ve frézárně

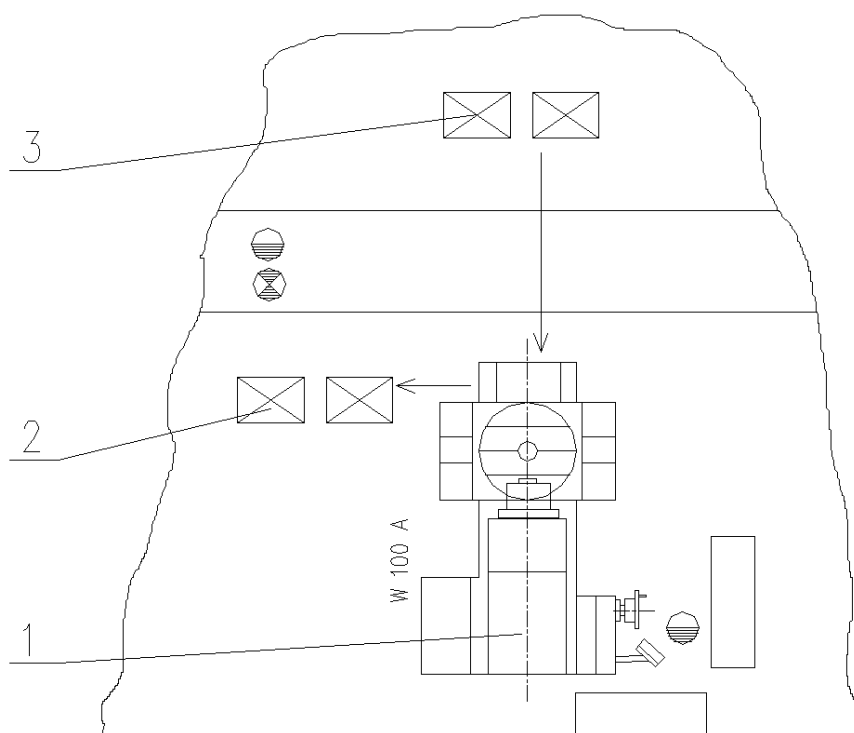
Č.op.	Popis činnosti	Čas [min]
2.9	Upnutí do přípravku, centrování	10
2.10	Frézování čela	10
2.11	Zhotovení zápichů	35
2.12	Sražení hrany	5
2.13	Frézování mazací jamky	10
2.14	Frézování drážky	20
2.15	Vrtání otvoru Ø14 mm	20
2.16	Řezání závitu M16	5
2.17	Vrtání otvoru Ø14 mm	15
2.18	Řezání závitu M16	5
-	Sundání z přípravku, uložení	10
-	<b>Součet</b>	<b>Σ 145</b>

Směnová výrobnost:

$$V_{F2} = \frac{T}{N_{F2}} = \frac{462,5}{145} = \underline{\underline{3,2ks / sm}}$$

Na druhém upnutí lze tedy při současné normě obrobit 3,2 odlitků.

### **1.2.2.2 Frézárna – třetí upnutí**



Obr. 3 – Schématický náčrtek frézárny pro třetí upnutí

- 1 – Frézka
- 2 – Mezisklad opracovaného materiálu
- 3 – Mezisklad neopracovaného materiálu

Na tomto pracovním úseku dochází k opracování bodu 2.19 dle technologického postupu. K opracování je využívána frézka typu W 100 A, jejíž parametry jsou:

- výkon elektromotoru 11 kW,
- otáčky vřetene 7,1 ot/min – 224 ot/min,
- upínací plocha stolu 1250 mm x 1250 mm,
- maximální hmotnost obrobku 3 t,
- průměr vřetene 100 mm.

**Pracovní postup dělníka na třetí frézce ( pro 3. upnutí do přípravku):**

1. Zvednutí jednoho kusu obrobku pomocí mostového jeřábu a uložení na přípravek,
2. centrování a upínání obrobku do přípravku,
3. obrábění bodu 2.19 dle technologického postupu,
4. sundání obrobku z přípravku,
5. uložení obrobku na paletu pomocí mostového jeřábu.

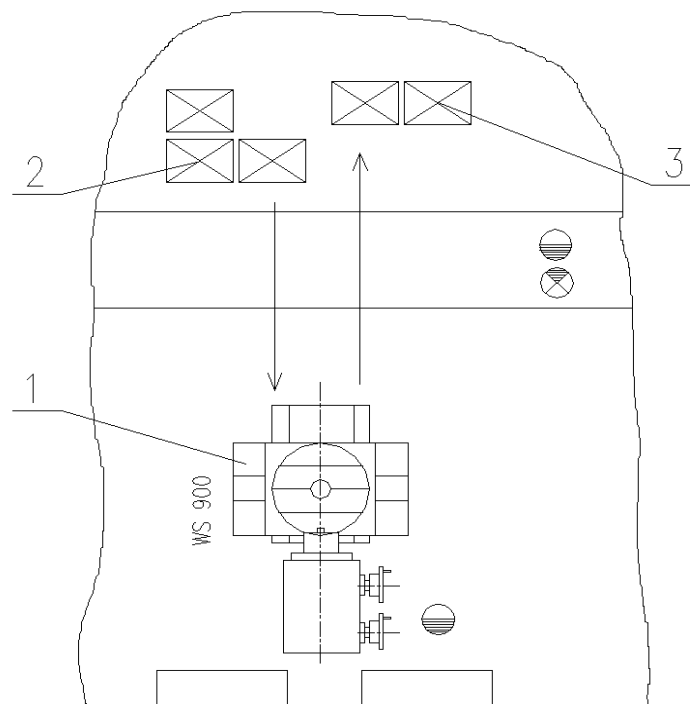
**Pro třetí upnutí je nanormován čas 15 minut.**

Směnová výrobnost:

$$V_{F3} = \frac{T}{N_{F3}} = \frac{462,5}{15} = \underline{\underline{30,83ks / sm}}$$

Na třetím upnutí při frézování lze tedy při současné normě obrobít 30,8 odlitků.

**1.2.3 Obrážecí pracoviště**



Obr. 4 – Schématický náčrt obrážecího pracoviště

- 1 – Obrážečka
- 2 – Mezisklad opracovaného materiálu
- 3 – Mezisklad neopracovaného materiálu

Na obrážecím pracovišti dochází k obrázení drážek, dle bodu 3.1 z technologického postupu. K jejich obrázení je využívána svislá obrážečka typu WS 900, která má následující parametry:

- výkon elektromotoru 30 kW,
- podelný posuv stolu 1100 mm,
- obrážecí výška 1150 mm,
- průměr kruhového stolu 1250 mm.

**Pracovní postup dělníka na obrážecím stroji:**

1. Zvednutí jednoho kusu obrobku pomocí mostového jeřábu a uložení na přípravek,
2. centrování a upínání obrobku do přípravku,
3. obrábění bodu 3.1 dle technologického postupu,
4. sundání obrobku z přípravku,
5. uložení obrobku na paletu pomocí mostového jeřábu.

**Na obrážecím pracovišti jsou časové normy stanoveny následovně:**

Tab. 5 – Normy na obrážecím pracovišti

Č.op.	Popis činnosti	Čas [min]
3	Upnutí do přípravku	5
3.1	Obrázení dvou drážek	60
-	Sundání z přípravku, uložení	5
-	<b>Součet</b>	<b>70</b>

Směnová výrobnost:

$$V_{OB} = \frac{T}{N_{OB}} = \frac{462,5}{70} = \underline{\underline{6,61ks / sm}}$$

Teoreticky lze tedy na obrážecím stroji při současné normě obrobit zhruba 6,6 odlitků.

#### **1.2.4 Zámečnické pracoviště**

Na zámečnickém pracovišti jsou odlitky připravovány pro expedici. Dochází zde k finálnímu odjehlení a konzervaci. K odjehlení se používá bruska značky Bosch GGS 27 LC, ke konzervaci se používá antikorozní prostředek Tectyl 546.

#### **Pracovní postup dělníka na zámečnickém pracovišti:**

1. Zvednutí jednoho kusu obrobku pomocí mostového jeřábu a uložení na pracovní prostor,
2. odjehlení odlitku,
3. konzervace opracovaných ploch,
4. zvednutí odlitku pomocí mostového jeřábu a jeho uložení na paletu.



## **2 Posouzení současného stavu**

Zadáním mé práce je racionalizovat výrobní proces transformace odlitku na obrobek ve společnosti Strojírny Třinec, a. s. Racionalizace chci dosáhnout pozorováním pracovníků, pracovišť a pracovních postupů. Pozorování se týká především spotřeby pracovní doby a zjištění možných chyb, které vedou k zpomalení, či úplnému zastavení výrobního procesu.

Předně jsem si zjistil všechny údaje o technologii výroby, jako např. sled operací, používané řezné parametry, nástroje, stroje a přípravky.

Dále jsem se zaměřil na pozorování jednotlivých operací na všech pracovištích, které jsou při opracování odlitku využívány. Srovnal jsem stávající časové normy, jenž jsou jednotlivým operacím přiřazeny s časy, které jsem naměřil. To celé jsem shrnul ve snímcích pracovních dnů a v chronometráži.

Závěrem jsem se při pozorování soustředil na činnosti a prvky, které zpomalují nebo úplně zastavují výrobu a pokusil se navrhnout řešení, které by vedly k jejich odstranění.

### **3 Specifikace problémů**

Jednotlivé problémy, jenž jsem vypořádal, jsem shrnul do těchto bodů:

1. **Řezné parametry** při obrábění nejsou pevně stanoveny a záleží především na dělnících při jakých hodnotách se obrábění provádí. To má za následek například brzké znehodnocení břitu, má-li dělník pocit, že nestíhá dodržet stanovené normy a řezné parametry si zvolí příliš vysoké, nebo naopak, je-li pozorován druhou osobou, často parametry snižuje pod jejich optimální hodnoty.
2. V podniku chybí **pracovní standardy** jak by se jednotlivé operace měly optimálně vykonávat.
3. Současné **časové normy** neodpovídají skutečnosti. Časové normy jsou značně nadhodnocené. Vychází se z času 462,5 minut, zatímco pracovní směna trvá pouze 450 minut.
4. **Přenastavení stroje** není optimální. Úkony, které lze vykonávat během chodu stroje, jsou téměř vždy vykonávány po ukončení chodu stroje.
5. Metodika 5S je ve Strojírnách Třinec, a. s. průběžně zaváděna. Na pracovištích však chybí standardy, které by odpovídaly na otázky **kdo má co uklízet a jak často?** Dále pracoviště nejsou vizuálně přehledné a uspořádané.
6. Frézka na třetí upnutí, obrážeka a zámečnické pracoviště jsou umístěny na hlavním provoze, kde k přemísťování obrobků jsou využívány mostové jeřáby. Ty často **nejsou k dispozici**, jelikož jsou využívány k jiným účelům. To má za následek časté přerušení pracovního procesu.
7. **Motivace pracovníků** přicházet s nápady, jenž by vedly k eliminaci plýtvání a zlepšování procesů v podniku je poměrně nízká.

## **4 Racionalizace procesu**

### **4.1 Metodické přístupy k racionalizaci procesů**

#### **4.1.1 Metody zjišťování a určování spotřeby času**

**Snímek pracovního dne** - je metoda, založena na nepřetržitém pozorování a měření spotřeby pracovního času pracovníka nebo skupiny pracovníků během celé směny. Účelem je zjistit velikost spotřeby pracovní doby a hlavně velikost a druh ztrátových časů, odhalit příčiny jejich vzniků a zpracovat opatření, k jejich eliminaci. Jedná se do značné míry o univerzální metodu, díky které je možné po jisté úpravě pozorovat práci dělníka, administrativního i řídicího pracovníka a také činnost strojního zařízení.

#### **Druhy snímků pracovního dne:**

- a) Snímek pracovního dne jednotlivce - je druh snímku pracovního dne, při kterém pozorovatel provádí pozorování jen jednoho pracovníka.
- b) Snímek pracovního dne čety – používá se při pozorování pracovní činnosti skupiny pracovníků, kterým je přidělena společná práce.
- c) Hromadný snímek pracovního dne – jedná se o snímek, jenž umožňuje pozorovat současně podle až třicet samostatně pracujících dělníků. Tato skutečnost je možná jen při odlišné technice pozorování, měření, zaznamenávání a výpočtu podkladů pro vypracování bilance skutečné spotřeby pracovního času (v porovnání se snímkem pracovního dne jednotlivce).
- d) Vlastní snímek pracovního dne – odlišuje se od předcházejících tím, že se zaměřuje jen na časové ztráty vzniklé zejména z titulu technických a organizačních nedostatků. Údaje o velikosti a příčinách ztrát zaznamenává dělník sám. Použití tohoto snímku vede dělníky k aktivní účasti na racionalizaci práce.

**Snímek operace** - nebo také chronometráž je metoda, založena na pozorování spotřeby pracovního času u pravidelně se opakujících prvků operace. Hlavním úkolem chronometráže je stanovit průměrnou spotřebu pracovního času, vynaloženého k provedení určité operace nebo její jednotlivé složky.

#### **Druhy snímků operace:**

- a) Plynulá chronometráž - metoda nepřetržitého pozorování spotřeby času pro všechny úkony zkoumané operace.
- b) Výběrová chronometráž - předmětem zkoumání není celá operace, nýbrž jen některé pravidelně, ale i nepravidelně se opakující předem známé úkony. Zaznamenávají se jen průběžné časy započetí a ukončení vybraných úkonů.
- c) Obkročná chronometráž - slouží ke zjištění času trvání velmi krátkých částí operace. Dosahuje se toho tím, že se sečte několik krátkých pracovních prvků do měřitelného komplexu a po vykonaném měření se zpětně vypočítávají elementární prvky.
- d) Snímková chronometráž - je druh snímku operace k průzkumu takových operací, jejichž průběh není předem znám a ani jej není možné předem stanovit. Při pozorování zaznamenáváme nejen čas, ale i účel jeho použití. Jedná se o kombinaci metody snímku pracovního dne a chronometráže.
- e) Filmový snímek - metoda, jejíž velikou předností je získání trvalého záznamu jak spotřeby času, tak pracovních pohybů.

#### **Metodika provádění plynulé chronometráže**

Postup pro pozorování pomocí plynulé chronometráže rozdělujeme do tří etap:

- 1. etapa - příprava k pozorování,
- 2. etapa - bezprostřední pozorování a zaznamenávání,
- 3. etapa - vyhodnocení získaných informací a jejich úprava pro další použití.

#### **4.1.2 Členění spotřeby času v průběhu směny**

**Čas normovatelný ( $T_N$ )** – představuje součet všech časů, které proběhnou v rámci dané směny v průběhu pozorování daného objektu, které jsou předem stanovitelné.

Normovatelný čas se dále dělí na:

- čas práce ( $t_1$ ),
- čas obecně nutných přestávek ( $t_2$ ),
- čas podmíněčně nutných přestávek ( $t_3$ ).

**Čas práce ( $t_1$ )** – je čas, který stráví pracovník jakoukoliv účelnou prací v průběhu směny.

Čas práce se dále dělí:

čas jednotkové práce ( $t_{A1}$ ) - je čas strávený při provádění jednotlivých úkonů spojených

s výrobou výrobní jednotice v rámci času operace (upínání, měření, regulace atd.),

čas dávkové práce ( $t_{B1}$ ) - je čas pracovních úkonů strávený při přípravě a zakončení práce u výrobní dávky nebo jednotlivé operace (prostudování výkresové dokumentace, pracovních postupů, upnutí přípravků, seřízení stroje a nářadí, evidence práce, navrácení vypůjčeného nářadí a přípravků, atd.),

čas směnové práce ( $t_{C1}$ ) - je čas, který stráví pracovník různými pracovními úkony nezbytnými pro zajištění plynulého chodu strojů, zařízení a pracovišť v průběhu směny (příprava a uspořádání pracoviště na začátku směny, úklid pracoviště na konci směny, nezbytné čištění stroje během směny, aj.).

**Čas obecně nutných přestávek ( $t_2$ )** - je čas přestávek, které jsou pracovníkům stanoveny různými pracovními předpisy a zákonnými normami.

Čas obecně nutných přestávek se dále člení na:

čas obecně nutných přestávek v průběhu jednotkové práce ( $t_{A2}$ ) – obvykle se jedná o nařízený oddech pracovníka v průběhu jednotkové práce,

čas obecně nutných přestávek v průběhu dávkové práce ( $t_{B2}$ ) – je nezbytný oddech pracovníka v průběhu dávkové práce,

čas obecně nutných přestávek směnových ( $t_{C2}$ ) – přestávky na přirozené potřeby v průběhu směny, přestávka na pořízení svačiny atd.

**Čas podmíněčně nutných přestávek ( $t_3$ )** - je čas pracovní nečinnosti pracovníka, který je vyvolán režimem práce a vyplývá z dané úrovně techniky, technologie a organizace práce (čekání na doběh automatického chodu stroje, čekání na dokončení práce předcházejícím pracovištěm nebo pracovníkem atd.).

Členění času podmíněčně nutných přestávek:

čas podmíněčně nutných jednotkových přestávek ( $t_{A3}$ ) – je čas nečinnosti pracovníka vyvolaný režimem práce, úrovní techniky, technologie a organizace v rámci času jednotkové práce (obvykle čekání pracovníka na ukončení automatického chodu stroje),

čas podmíněčně nutných dávkových přestávek ( $t_{B3}$ ) - je čas nečinnosti pracovníka vyvolaný režimem práce, úrovní techniky, technologie a organizace v rámci času dávkové práce,

čas podmíněčně nutných směnových přestávek ( $t_{C3}$ ) - je čas nečinnosti pracovníka vyvolaný režimem práce, úrovní techniky, technologie a organizace v rámci času směnové práce (např. čekání pracovníka na zahřátí stroje na začátku směny).

**Čas nenormovatelný, neboli ztrátový ( $T_Z$ )** – je součtem všech časů nečinností, případně dějů, které nastaly v průběhu pracovní směny u sledovaného pracovníka různými nepředpokládanými vlivy a nedostatky. Tento čas nelze stanovit předem.

Ztrátový (nenormovatelný) čas se dále dělí na:

- osobní ztráty ( $t_D$ ),
- technicko-organizační ztráty ( $t_E$ ),
- ztráty zapříčiněné vyšší mocí ( $t_F$ ).

**Osobní ztráty ( $t_D$ )** - jsou ztráty zaviněné pracovníkem v průběhu pracovní směny jako jsou např. ztráty kvůli nepřítomnosti na pracovišti zaviněné pracovníkem, oprava zmetkové práce, nečinnost zaviněná pracovníkem, vyřizování osobních věcí, různé debaty a porady nevýrobního charakteru, atd.

**Technicko-organizační ztráty ( $t_E$ )** – tyto ztráty je možno stručně charakterizovat jako ztráty způsobené špatnou organizací práce nebo technickými problémy různého druhu.

Tyto ztráty dále dělíme na:

ztráty způsobené více prací ( $t_{E1}$ ) – jedná se o práce, které musí být provedeny navíc oproti původnímu předpokladu z důvodu většího přídatku na opracování, nedostatečné kapacity stroje nebo jiné vlivy, které způsobují více práce.

ztráty čekáním ( $t_{E2}$ ) – např. čekání na materiál, čekání na jeřáb po dobu delší než je obvykle běžné a stanovené normou. Nečinnost způsobená poruchou stroje (čekání na údržbu), apod.

**Ztráty zapříčiněné vyšší mocí ( $t_F$ )** – jsou to ztráty pracovníků, strojů a zařízení způsobené např. výpadkem elektrické energie při bouři nebo ztráty způsobené nadměrnými dešti a následnými záplavami výrobních pracovišť, případně vlivem jiných živlů.

#### **4.1.3 Štíhlé výrobní systémy**

Jedná se o relativně nové metodiky, které se dnes zavádějí v mnoha podnicích po celém světě. Poprvé si svět těchto systémů všiml u společnosti Toyota v průběhu 1. ropné krize v 70. letech, kdy jako jediný japonský podnik dokázala Toyota vyrobit kvalitní automobily s menšími náklady a hlavně v kratším čase než konkurence. Štíhlé výrobní systémy jsou založeny na:

- eliminaci všech podnikových systémů, které nepřidávají hodnotu zákazníkovi,
- rychlém a plynulém toku produktů podnikovými procesy,

- vtažení zákazníka do podnikových procesů a připravenosti podřídit se v maximální možné míře jeho potřebám,
- maximální flexibilitě podnikových procesů, která umožňuje pružně reagovat na situaci na trhu,
- zvyšování znalostní úrovně celé organizace, zaměřuje se na vzdělávání, díky němuž se zvyšuje produktivita, kvalita a snáze se řeší vzniklé problémy.

#### **Prvky štlhlého výrobního systému:**

- *Štlhlá výroba* – filozofie je založena na myšlence zkrácení času mezi zákazníkem a dodavatelem a eliminaci plýtvání mezi nimi. Plýtváním, je myšlena každá činnost, která nepřidává výrobku hodnotu pro zákazníka a pouze zvyšuje jeho cenu. Řadí se zde tzv. *Sedm druhů ztrát* (zbytečná nadprodukce, čekání, pohyb, přeprava, zásoby, chyby a nadměrné zpracování).
- *Štlhlá logistika* – je definována jako „proces plánování, implementace a kontroly, účinného toku výrobků a služeb z bodu jejich původu k bodu jejich spotřeby podle zadaných požadavků“. Základem logistických systémů je uspokojení potřeby zákazníka s co nejnižšími náklady v přijatelné kvalitě. Mezi dvě nejznámější logistické technologie v oblasti štlhlých výrobních systémů patří JIT a KANBAN.
- *Štlhlá administrativa* – je soubor nástrojů na eliminaci plýtvání v administrativě. Veškerý průběžný čas, je výsledkem spolupráce výroby a administrativy. Průzkum z podniků ukázal, že víc než 50% z průběžné doby zakázky, tvoří činnosti z oblasti administrativy. Příčinou jsou hlavně problémy s komunikací, poruchy, velké množství neproduktivních porad atd. Úkolem štlhlé administrativy je tyto příčiny odstranit.
- *Štlhlý vývoj* – jeho úkolem je stejně jako v předchozích případech snížení plýtvání a odstranění zbytečných činností, které nepřidávají hodnotu zákazníkovi.



#### **4.1.3.1 Štíhlé výrobní systémy použité při racionalizaci pracovního procesu**

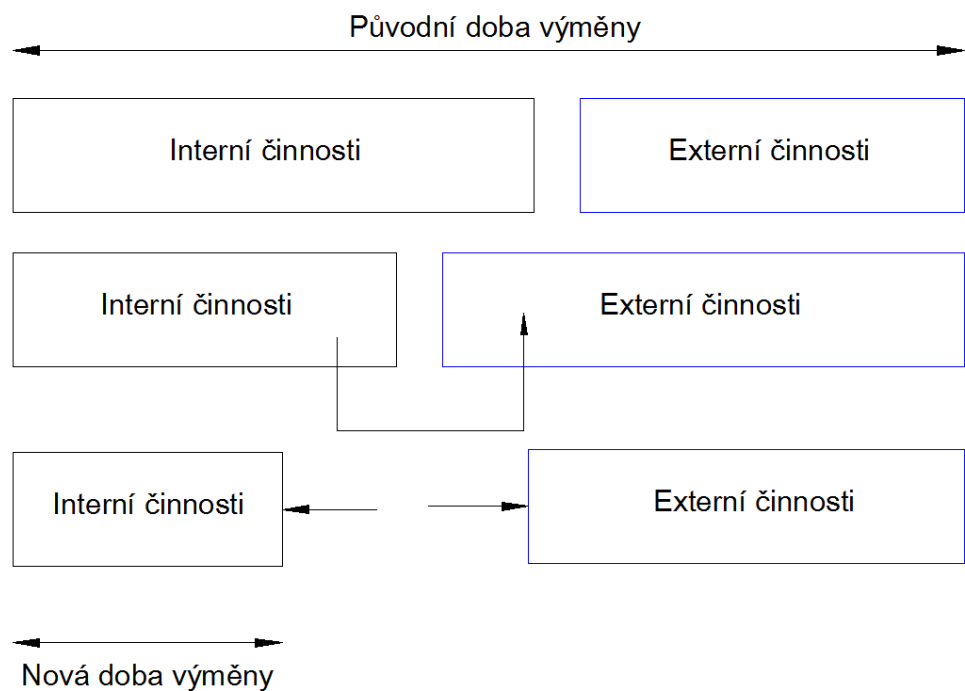
**Metoda SMED** - (Single Minute Exchange of Die) je systematický proces pro minimalizaci časů přípravy pracoviště mezi opracováním dvou po sobě následujících různých typů výrobků, případně výrobních dávek. Celý postup metody vychází z důkladné analýzy přenastavení stroje, která se vykonává většinou pozorováním přímo na pracovišti. Radikální zkracování časů přenastavení stroje z několika hodin na několik minut, se dosahuje postupným eliminováním plýtvání u procesu přenastavení, změnou organizace přenastavování, standardizací postupů přenastavování, tréninkem pracovníků, speciálními pomůckami i technickými úpravami stroje. Tato metoda se používá na pracovištích, které jsou úzkými místy, kde se přenastavení vykonává často a časy na přenastavení představují významné ztráty z kapacity stroje nebo linky. Metoda SMED je často i součástí programu TPM.

Metoda SMED je založena na čtyřech následujících krocích:

1. krok - oddělit práci, která musí být vykonána nevyhnutelně během vypnutého zařízení (takzvané interní přenastavení) od práce, kterou je možno vykonat během provozu zařízení (takzvané externí přenastavení). Každý provozní pracovník bude souhlasit, že přípravu nástrojů a jejich údržbu je možné provádět za chodu stroje. Nicméně se to až mimořádně často děje právě naopak.
2. krok - redukce interního času na přenastavení tak, že stále víc práce se bude vykonávat externě (dopředu vykonané nastavení, zjednodušení upevňování, pomocný pracovník, příprava pracoviště apod. ).
3. krok - redukce externího času přenastavení. Klíčem k řešení tohoto problému je především organizace pracoviště a ostatních činností v dílně. Eliminuje se proces nastavení, který zabírá značný čas při všech typech přenastavování.
4. krok - redukce celkového času při interním i externím přenastavení. Odstraňuje se přenastavování prostřednictvím standardizace jednotlivých částí nastavení.

Další důležitým bodem u metodiky SMED je systematické odstraňování následujících forem plýtvání při seřizování:

- Plýtvání při přípravě na změnu – doprava nástrojů po zastavení stroje, zbytečné pohyby atd.
- Plýtvání při montáži a demontáži – hledání součástek, nástrojů, chybějící standardy, chůze, čekání, studium dokumentace a kouření.
- Plýtvání při seřizování a nastavování polohy – vícenásobné dolad'ování nepřesností.
- Plýtvání při čekání na zahájení výroby – čekání na zahřátí stroje, dlouhé čekání na „uvolnění“ seřízeného stroje do výroby.



Obr. 5 – Postup rychlých změn metodou SMED

**Systém „5S“**, jak je zmíněno výše, je v podniku průběžně zaváděn. Jedná se o komplexní pětikrokový program úklidu a uspořádání pracoviště a zkratka 5S značí pět japonských slov, jejichž význam je:

- Setřít (Seiri) – cílem je rozdělit položky na pracovišti na ty, které potřebujeme neustále, dále nalézt zvláštní prostor na věci, které se sice potřebují, ale ne každý den a odstranit nepotřebné věci a informace, kdy a kde,
- Systematizovat (Seiton) – cílem je definovat přesné místo pro položky, které jsou na pracovišti potřebné, definování skladovacích míst a jejich kapacit a vizuálně uspořádané pracoviště,
- Čistit (Seiso) – zpracování plánů čištění, určit co se bude čistit, kdo a jak. Eliminace zdrojů znečištění. Čistota je důležitá z hygienického a psychologického hlediska, aby se pracovníkům dobře pracovalo,
- Standardizovat (Seiketsu) – cílem jsou standardy 5S na pracovišti. Pomocí nich podporovat návyky v pořádku, čistotě a úklidu, tedy dodržování všech tří výše uvedených bodů,
- Stálé zlepšování (Shitsuke) – audity a hodnocení plnění standardů 5S. Změna myšlení a chování lidí v podniku.

Výsledkem zavedení metodiky 5S bývá často nová výkonová norma.

#### 4.2 Racionalizace řezných parametrů

Racionalizaci řezných parametrů jsem provedl pro ty nástroje s břitovými destičkami, u kterých bylo doporučení řezných parametrů od výrobce.

Tab. 6 – Racionalizace řezných parametrů

Č. operace	Nástroj, VBD	Stávající řezné parametry	Řezné parametry doporučené výrobcem
2.1, 2.10	Frézovací hlava: 160C09R – S450D06D VBD: RDEX 1604 MOSN – 12; 8240	$n = 200 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 200 \text{ mm/min}$ $a_p = 3 \text{ mm}$	$n = 320 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 720 \text{ mm/min}$ $a_p = 3 \text{ mm}$
2.2	Frézovací hlava: 100A07R – S450D06D VBD: ODMT 0605 ZZN; 8230	$n = 260 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 300 \text{ mm/min}$ $a_p = 3,5 \text{ mm}$	$n = 560 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 780 \text{ mm/min}$ $a_p = 3,5 \text{ mm}$
2.4	Vrták: 7720 – 50KT802 VBD: WCMT 0804 12E – 48; 8030	$n = 220 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 45 \text{ mm/min}$ $a_p = 25 \text{ mm}$	$n = 1080 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 140 \text{ mm/min}$ $a_p = 25 \text{ mm}$
2.5	Hrubovací tyč: 125 PN 221782 $z = 2$ VBD: SCMT 1204 08 – E48; 9230	$n = 80 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 22 \text{ mm/min}$ $a_p = 9 \text{ mm}$	$n = 240 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 190 \text{ mm/min}$ $a_p = 9 \text{ mm}$
2.6	Hrubovací tyč: 125 PN 221782 $z = 1$ VBD: CCMT 120408 – E48; 9230	$n = 160 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 30 \text{ mm/min}$ $a_p = 0,5 \text{ mm}$	$n = 250 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 100 \text{ mm/min}$ $a_p = 0,5 \text{ mm}$
2.7, 2.11	Vypichovací tyč $D = 195 \text{ mm} / 227 \text{ mm}$ VBD: CCMT 09T308E – 47; 6630	$n = 16 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 2 \text{ mm/min}$ $a_p = 8 \text{ mm}$	$n = 190 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 76 \text{ mm/ot}$ $a_p = 8 \text{ mm}$
2.14	Fréza na drážky VBD: CCMT 09T308E – 47; 6630	$n = 20 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 50 \text{ mm/min}$ $a_p = 5 \text{ mm}$	$n = 190 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 76 \text{ mm/ot}$ $a_p = 5 \text{ mm}$
2.20	Vrták: 803D – 23 20 2 10KT VBD vnitřní: XPET 0703 VBD vnější: SCET 0703	$n = 450 \text{ min}^{-1}$ $a_p = 11,5 \text{ mm}$	$n = 2000 \text{ min}^{-1}$ $a_p = 11,5 \text{ mm}$

**Příklad výpočtu řezných parametrů pro bod 2.1, 2.10 dle technol. postupu – Frézování:**

Řezná rychlost:

$$v_c = v_{30} \cdot k_{VX} \cdot k_{VT} \cdot k_{VHB} = 250 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 = \underline{160m / min}$$

$v_{30}$  – řezná rychlost doporučená výrobcem [m/min]

$k_{VX}$ - korekční součinitel zohledňující stav stroje

$k_{VT}$ - korekce na trvanlivost

$k_{VHB}$ - korekce na tvrdost

Otáčky:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 160}{\pi \cdot 160} = \underline{318,3ot / min} \Rightarrow 320ot / min$$

D – průměr frézy [mm]

Posunová složka řezné rychlosti:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,25 \cdot 9 \cdot 320 = \underline{720mm / min}$$

$f_z$  – posuv na zub doporučený výrobcem [mm/zub]

z – počet zubů frézy

**Příklad výpočtu řezných parametrů pro bod 2.4 dle technol. postupu – Vrtání:**

Otáčky:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 170}{\pi \cdot 50} = \underline{1082ot / min} \Rightarrow 1080ot / min$$

$v_c$  – řezná rychlost doporučená výrobcem [m/min]

d – průměr vrtáku [mm]

Posunová složka řezné rychlosti:

$$v_f = f \cdot n = 0,13 \cdot 1080 = \underline{140mm / min}$$

f – posuv doporučený výrobcem [mm/ot]

Z tabulky lze vyčíst, že řezné parametry doporučené výrobcem značně převyšují řezné parametry s kterými se v současnosti obrábí. Jaký podíl toto zvýšení bude mít na zvýšení produktivity u strojních časů je zpracováno v celkovém zhodnocení navrženého řešení.

### 4.3 Racionalizace pracovního postupu pomocí časových studií

#### 4.3.1 Snímek pracovního dne na první frézce

Jak jsme zmínil výše, současné časové normy neodpovídají skutečnosti. Proto jsem se rozhodnul provést snímky pracovních dnů, ze kterých lze vyčíst jak dlouho jednotlivé operace skutečně trvají a jaký je zde podíl ztrátových časů.

Tab. 7 – Snímek pracovního dne dělníka na první frézce (1. upnutí do přípravku)

Poř. č.	Čas postupný	Čas jednotlivý	Symbol času	Název spotřeby času
1	5:50			Začátek směny
2	5:58	0:08	$t_{C1}$	Seznámení s výrobou z noční směny
3	6:09	0:11	$t_D$	Rozhovor s kolegou
4	6:16	0:07	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
5	6:35	0:19	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.6 dle technol. postupu
6	6:46	0:11	$t_E$	Pomáhání spolupracovníkům
7	6:49	0:03	$t_{A1}$	Měření, přenastavení stroje
8	7:16	0:27	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.7 dle technol. postupu
9	7:18	0:02	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
10	7:21	0:03	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.8 dle technol. postupu
11	7:33	0:12	$t_{A1}$	Výměna nástroje ve výdejně
12	7:39	0:06	$t_{A1}$	Odjehlení
13	7:43	0:04	$t_{A1}$	Sundání obrobku a uložení (jeřáb)
14	7:51	0:08	$t_{A1}$	Upnutí do přípravku, centrování (jeřáb)
15	7:59	0:08	$t_{A1}$	Příprava pro obrábění nového kusu
16	8:26	0:27	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.1 dle technol. postupu
17	8:31	0:05	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
18	8:39	0:08	$t_D$	Rozhovor s kolegou
19	8:56	0:17	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.2 dle technol. postupu
20	9:00	0:04	$t_D$	Rozhovor s kolegou
21	9:02	0:02	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
22	9:18	0:16	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.3 dle technol. postupu
23	9:21	0:03	$t_{A1}$	Měření, přenastavení stroje
24	9:30	0:09	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.4 dle technol. postupu
25	9:35	0:05	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
26	10:00	0:25	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.5 dle technol. postupu
27	10:30	0:30	$t_2$	Přestávka
28	10:36	0:06	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
29	10:56	0:20	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.6 dle technol. postupu
30	11:06	0:10	$t_{C2}$	Přestávka na přirozené potřeby
31	11:08	0:02	$t_{A1}$	Měření, Přenastavení stroje
32	11:36	0:28	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.7 dle technol. postupu
33	11:45	0:09	$t_E$	Výměna pracovního oděvu

34	11:55	0:10	t <sub>E</sub>	Pomáhání spolupracovníkům
35	11:56	0:01	t <sub>A1</sub>	Přenastavení stroje
36	12:00	0:04	t <sub>A3</sub>	Obrábění bodu 2.8 dle technol. postupu
37	12:07	0:07	t <sub>D</sub>	Rozhovor s kolegy
38	12:25	0:18	t <sub>E</sub>	Pomáhání spolupracovníkům
39	12:35	0:10	t <sub>A1</sub>	Odjehlení
40	12:38	0:03	t <sub>A1</sub>	Sundání obrobku a uložení (jeřáb)
41	12:48	0:10	t <sub>A1</sub>	Upnutí do přípravku, centrování (jeřáb)
42	12:57	0:09	t <sub>A1</sub>	Příprava pro obrábění nového kusu
43	13:25	0:28	t <sub>A3</sub>	Obrábění bodu 2.1 dle technol. postupu
44	13:27	0:02	t <sub>A1</sub>	Přenastavení stroje
45	13:43	0:16	t <sub>A3</sub>	Obrábění bodu 2.2 dle technol. postupu
46	13:50	0:07	t <sub>C1</sub>	Úklid pracoviště
47	13:50			Konec směny

Tab. 8 – Sestavení bilance normovatelného času a ztrát

Bilance skutečné spotřeby času			
Druh času	Symbol času	Minuty	% času směny
Čas jednotkové práce	T <sub>A1</sub>	108	22,5
Čas dávkové práce	T <sub>B1</sub>	0	0
Čas směnové práce	T <sub>C1</sub>	15	3,13
Čas práce	T <sub>1</sub>	123	25,63
Čas obecně nutných přestávek	T <sub>2</sub>	40 (30)	8,33
Čas podmíněně nutných přestávek	T <sub>3</sub>	238	49,58
Osobní ztráty	T <sub>D</sub>	30	6,25
Technicko – organizační ztráty	T <sub>E</sub>	49	10,21
Čas směny	T	480	100

Stupeň zaměstnanosti:

$$U_1 = \frac{T_1 + T_2}{T} \cdot 100 = \frac{123 + 40}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{33,96\%}}$$

Podíl podmíněně nutných přestávek:

$$U_2 = \frac{T_3}{T} \cdot 100 = \frac{238}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{49,58\%}}$$

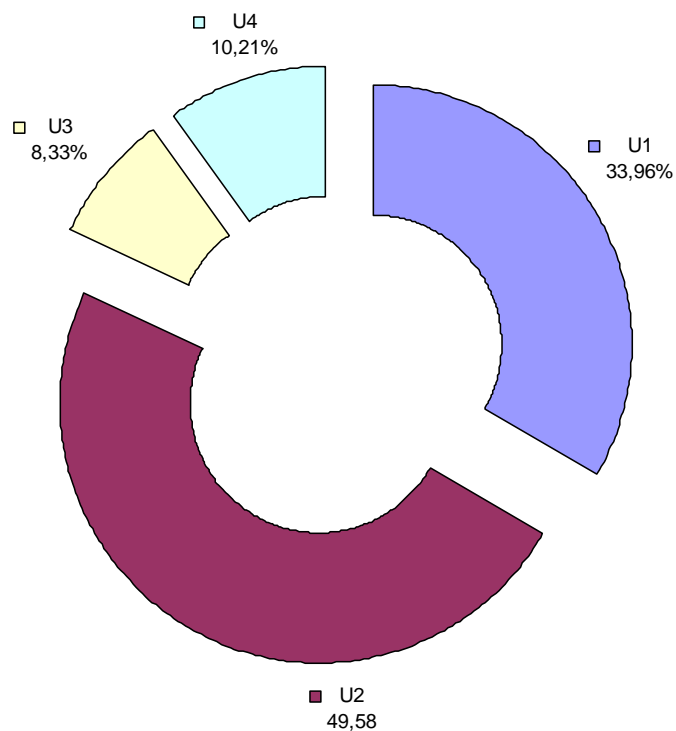
Podíl zbytečné spotřeby času způsobené pracovníkem:

$$U_3 = \frac{T_2 - T_2' + T_D}{T} \cdot 100 = \frac{40 - 30 + 30}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{8,33\%}}$$

Podíl zbytečné spotřeby času způsobené technicko – organizačními ztrátami:

$$U_4 = \frac{T_E}{T} \cdot 100 = \frac{49}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{10,21\%}}$$

Graf 1 – Využití času směny na první frézce



Z grafu a vypočtených hodnot je patrné, že největší procento na spotřebě času během jedné pracovní směny má podíl podmíněně nutných přestávek, tedy čas kdy stroj je plně vytížen, zatímco pracovník setrvává v nečinnosti. Dále vidíme, že ztrátové časy se na celkovém času směny podílí téměř z 19 %.



Tab. 9 – Srovnání časových norem s časy naměřenými pro snímek pracovního dne

Č.op.	Popis činnosti	Čas [min]	Popis činnosti	Čas [min]
2	Upnutí do přípravku, centrování	10	Upnutí do přípravku, centrování	9,3
2.1	Frézování nálitků a vybrání	40	Frézování nálitků a vybrání	37,1
2.2	Frézování čela	45	Frézování čela	20,6
2.3	Frézování boků vybrání	35	Frézování boků vybrání	18,6
2.4	Vrtání otvorů Ø 50 mm	15	Vrtání otvorů Ø 50 mm	12,4
2.5	Hrubování Ø 174 mm	40	Hrubování Ø 174 mm	30,9
2.6	Frézování Ø 174 mm	40	Frézování Ø 174 mm	26,8
2.7	Zhotovení zápichů	30	Zhotovení zápichů	30,9
2.8	Sražení hrany	5	Sražení hrany	5,2
-	Sundání z přípravku, uložení	10	Sundání z přípravku, uložení	11,9
-	<b>Součet</b>	<b>270</b>	<b>Součet dle snímku prac. dne</b>	<b>203,7</b>

Operace na frézce pro první upnutí trvá zhruba 203,7 minut. Oproti současné normě se jedná o úsporu 66 minut na jednu operaci.

Časy, pro srovnání s časovými normami v podniku, jsou použity ze snímku pracovního dne. V případě, že se činnost ve snímku pracovního dne vyskytovala vícekrát, byla použita její průměrná časová hodnota. Poté bylo ke každé hodnotě připočteno ještě určité procento směnového času.

Příklad výpočtu pro první řádek tabulky: upnutí do přípravku a centrování se ve snímku pracovního dne vyskytuje dvakrát, tedy:

$$t_{AIUPN.x} = \frac{10 + 8}{2} = \underline{\underline{9 \text{ min}}},$$

dále je třeba ke každé operaci přičíst procento směnového času:

$$\begin{array}{l} 480 \text{ min} \dots\dots\dots 100 \% \\ 15 \text{ min} \dots\dots\dots 3,1 \% \end{array}, \quad t_{AC1} = \frac{t_{AIUPN.x} \cdot 3,1\%}{100\%} = \frac{9 \cdot 3,1\%}{100\%} = \underline{\underline{0,3 \text{ min}}},$$

výsledný čas je pak:

$$t_{AIUPN.} = t_{AIUPN.x} + t_{AC1} = 9 + 0,3 = \underline{\underline{9,3 \text{ min}}}.$$

Čas pro upnutí do přípravku a centrování se směnovou přírážkou činí dle snímku pracovního dne 9,3 minut.

## 4.3.2 Snímek pracovního dne na druhé frézce

Tab. 10 – Snímek pracovního dne dělníka na druhé frézce (2. upnutí do přípravku)

Poř. č.	Čas postupný	Čas jednotlivý	Symbol času	Název spotřeby času
1	5:50			Začátek směny
2	6:03	0:13	$t_D$	Rozhovor s kolegu
3	6:17	0:14	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.17 dle technol. postupu
4	6:19	0:02	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
5	6:20	0:01	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.18 dle technol. postupu
6	6:24	0:04	$t_{A1}$	Odjehlení
7	6:27	0:03	$t_{A1}$	Sundání obrobku a uložení (jeřáb)
8	6:33	0:06	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
9	6:42	0:09	$t_{A1}$	Nasazení nového kusu, centrování (jeřáb)
10	6:46	0:04	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.10 dle technol. postupu
11	6:49	0:03	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
12	7:06	0:17	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.11 dle technol. postupu
13	7:07	0:01	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
14	7:09	0:02	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.12 dle technol. postupu
15	7:10	0:01	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
16	7:20	0:10	$t_D$	Rozhovor s kolegu
17	7:26	0:06	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.13 dle technol. postupu
18	7:27	0:01	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
19	7:44	0:17	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.14 dle technol. postupu
20	7:57	0:13	$t_E$	Pomáhání spolupracovníkům
21	7:59	0:02	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
22	8:13	0:14	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.15 dle technol. postupu
23	8:14	0:01	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
24	8:15	0:01	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.16 dle technol. postupu
25	8:16	0:01	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
26	8:29	0:13	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.17 dle technol. postupu
27	8:30	0:01	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
28	8:31	0:01	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.18 dle technol. postupu
29	8:35	0:04	$t_{A1}$	Odjehlení
30	8:38	0:03	$t_{A1}$	Sundání obrobku a uložení (jeřáb)
31	8:47	0:09	$t_{A1}$	Nasazení nového kusu, centrování (jeřáb)
32	8:50	0:03	$t_D$	Rozhovor s kolegu
33	8:52	0:02	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
34	8:56	0:04	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.10 dle technol. postupu
35	8:59	0:03	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
36	9:18	0:19	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.11 dle technol. postupu
37	9:20	0:02	$t_{A1}$	Přenasazení stroje
38	9:22	0:02	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.12 dle technol. postupu
39	9:33	0:11	$t_{A1}$	Přebroušení nástroje ve výdejně
40	9:40	0:07	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.13 dle technol. postupu
41	9:41	0:01	$t_{A1}$	Přenasazení stroje

42	10:00	0:19	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.14 dle technol. postupu
43	10:30	0:30	$t_2$	Přestávka
44	10:32	0:02	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
45	10:47	0:15	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.15 dle technol. postupu
46	10:48	0:01	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
47	10:49	0:01	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.16 dle technol. postupu
48	10:50	0:01	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
49	11:04	0:14	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.17 dle technol. postupu
50	11:05	0:01	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
51	11:06	0:01	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.18 dle technol. postupu
52	11:18	0:12	$t_D$	Nečinnost
53	11:27	0:09	$t_E$	Výměna pracovního oděvu
54	11:39	0:12	$t_E$	Pomáhání spolupracovníkům
55	11:43	0:04	$t_{A1}$	Odjehlení
56	11:47	0:04	$t_{A1}$	Sundání obrobku a uložení (jeřáb)
57	11:52	0:05	$t_{A1}$	Nasazení nového kusu, centrování (jeřáb)
58	11:56	0:04	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
59	11:59	0:03	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.10 dle technol. postupu
60	12:01	0:02	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
61	12:19	0:18	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.11 dle technol. postupu
62	12:20	0:01	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
63	12:22	0:02	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.12 dle technol. postupu
64	12:23	0:01	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
65	12:30	0:07	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.13 dle technol. postupu
66	12:31	0:01	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
67	12:50	0:19	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.14 dle technol. postupu
68	12:52	0:02	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
69	13:06	0:14	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.15 dle technol. postupu
70	13:07	0:01	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
71	13:08	0:01	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.16 dle technol. postupu
72	13:09	0:01	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
73	13:23	0:14	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.17 dle technol. postupu
74	13:24	0:01	$t_{A1}$	Přenastavení stroje
75	13:25	0:01	$t_{A3}$	Obrábění bodu 2.18 dle technol. postupu
76	13:30	0:05	$t_E$	Čekání na jeřáb
77	13:34	0:04	$t_{A1}$	Odjehlení
78	13:37	0:03	$t_{A1}$	Sundání obrobku a uložení (jeřáb)
79	13:42	0:05	$t_D$	Rozhovor s kolegu
80	13:50	0:08	$t_{C1}$	Úklid pracoviště
81	13:50			Konec směny

Tab. 11 – Sestavení bilance normovatelného času a ztrát

Bilance skutečné spotřeby času			
Druh času	Symbol času	Minuty	% času směny
Čas jednotkové práce	$T_{A1}$	103	21,46
Čas dávkové práce	$T_{B1}$	0	0
Čas směnové práce	$T_{C1}$	8	1,67
Čas práce	$T_1$	111	23,13
Čas obecně nutných přestávek	$T_2$	30 (30)	6,25
Čas podmíněně nutných přestávek	$T_3$	257	53,54
Osobní ztráty	$T_D$	43	8,96
Technicko – organizační ztráty	$T_E$	39	8,13
Čas směny	$T$	480	100

Stupeň zaměstnanosti:

$$U_1 = \frac{T_1 + T_2}{T} \cdot 100 = \frac{111 + 30}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{29,38\%}}$$

Podíl podmíněně nutných přestávek:

$$U_2 = \frac{T_3}{T} \cdot 100 = \frac{257}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{53,54\%}}$$

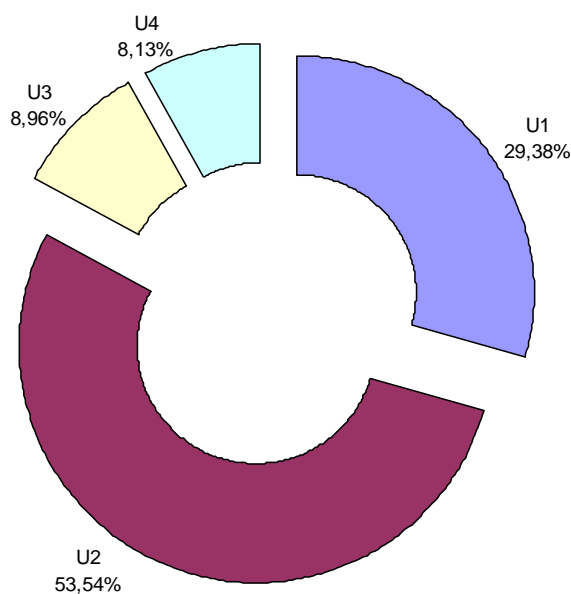
Podíl zbytečné spotřeby času způsobené pracovníkem:

$$U_3 = \frac{T_2 - T_2' + T_D}{T} \cdot 100 = \frac{30 - 30 + 43}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{8,96\%}}$$

Podíl zbytečné spotřeby času způsobené technicko – organizačními ztrátami:

$$U_4 = \frac{T_E}{T} \cdot 100 = \frac{39}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{8,13\%}}$$

Graf 2 – Využití času směny na druhé frézce



Z grafu lze vyčíst, podobně jako v předchozím případě, že největší procento na spotřebě času má podíl podmíněně nutných přestávek. Nenormovatelný čas se na celkovém času směny podílí téměř ze 17 %.

Tab. 12 – Srovnání časových norem s časy naměřenými pro snímek pracovního dne

Č.op.	Popis činnosti	Čas [min]	Popis činnosti	Čas [min]
2.9	Upnutí do přípravku, centrování	10	Upnutí do přípravku, centrování	7,8
2.10	Frézování čela	10	Frézování čela	7,8
2.11	Zhotovení zápichů	35	Zhotovení zápichů	21,1
2.12	Sražení hrany	5	Sražení hrany	3,4
2.13	Frézování mazací jamky	10	Frézování mazací jamky	7,4
2.14	Frézování drážky	20	Frézování drážky	19,6
2.15	Vrtání otvoru Ø14 mm	20	Vrtání otvoru Ø14 mm	16,6
2.16	Řezání závitu M16	5	Řezání závitu M16	2
2.17	Vrtání otvoru Ø14 mm	15	Vrtání otvoru Ø14 mm	14,8
2.18	Řezání závitu M16	5	Řezání závitu M16	2,3
-	Sundání z přípravku, uložení	10	Sundání z přípravku, uložení	7,4
-	<b>Součet</b>	<b>145</b>	<b>Součet dle snímku prac. Dne</b>	<b>110,2</b>

Z tabulky vidíme, že operace na frézce pro druhé upnutí trvají zhruba 110,2 minut. Oproti současné normě se jedná o úsporu téměř 35 minut. Časy ze snímku pracovního dne jsou brány i se směnovou přírážkou. Jejich výpočet je proveden stejně jako u frézky pro první upnutí.

#### 4.3.3 Snímek operace na třetí frézce

Tab. 13 – Snímek operace na třetí frézce

Poř. č.	Popis úkonu	Konečný mezní bod	Čas	Pořadové číslo náměru										Souč.	Kr	arit. Pr.	S. času
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Poč.			
1	Zvednutí a uložení na přípravek	Uvolnění jeřábu	J	102	110	112	100	106	109	99	111	113	107	1069	1,13	106,9	T <sub>A1</sub>
			P	1,7	12,8	27	40,6	51,5	66,1	77	88,2	104,5	115,7	10			
2	Upnutí obrobku	Spuštění stroje	J	105	104	101	99	98	104	107	110	101	102	1031	1,12	103,1	T <sub>A1</sub>
			P	3,5	14,6	28,7	42,3	53,1	67,8	78,8	90,1	106,2	117,4	10			
3	Vrtání děr Ø 23	Zastavení stroje	J	324	309	330	314	309	316	316	324	326	321	3189	1,07	318,9	T <sub>A1</sub>
			P	8,9	19,7	34,2	47,5	58,3	73,1	84	95,5	111,7	122,7	10			
4	Sundání z přípravku, uložení na paletu	Sundání řetězů	J	128	134	136	131	140	137	141	129	134	133	1343	1,09	134,3	T <sub>A1</sub>
			P	11	25,1	39	49,7	64,2	75,3	86,4	102,7	113,9	124,9	10			

Kus	Úkon	Přerušení práce	od	do	čas	Symbol času
2	3	Čekání na jeřáb	19,7	22,9	3,2	T <sub>E</sub>
3	3	Čekání na jeřáb	34,2	36,7	2,5	T <sub>E</sub>
5	3	Čekání na jeřáb	58,3	61,9	3,6	T <sub>E</sub>
8	3	Čekání na jeřáb	95,5	100,5	5	T <sub>E</sub>

Příklad výpočtu pro první časovou řadu:

Časovou řadu je předně potřeba podrobit kontrole spolehlivosti výpočtu koeficientu rozpětí časové řady:

$$K_r = \frac{t_{\max}}{t_{\min}} = \frac{113}{100} = 1,13 \leq 1,5 \Rightarrow \text{vyhovuje,}$$

$K_{rs}$  - Koeficient rozpětí časové řady; pro ručně – strojní práce  $K_{rs} = 1,5$

poté se stanoví její průměrná hodnota:

$$\bar{t}_1 = \frac{\sum t_i}{n} = \frac{1069}{10} = 106,9s,$$

průměrnou hodnotu pak lze využít při tvorbě technických norem.

Součtem průměrných hodnot zjistíme,

$$T_{F3} = \overline{t_1} + \overline{t_2} + \overline{t_3} + \overline{t_4} = 106,9 + 103,1 + 318,9 + 134,3$$

$$\underline{\underline{T_{F3} = 663,2s \approx 11,05 \text{ min}}}$$

že operace na třetí frézce trvá průměrně 11,05 minut. Časová norma pro třetí upnutí je 15 minut.

Ve snímku operace vidíme často se opakující čekání na jeřáb. To má, v některých případech, za následek nedodržení stávající časové normy.

Tuto ztrátu lze odstranit koupí skládacího jeřábu. Navrhuji proto koupit jeřábu od společnosti Manutan, s. r. o. Jedná se o:

- skládací jeřáb, katalogové číslo: 1650476,
- nosnost: 1000 kg,
- rozměry: 1770 mm x 1630 mm x 1120 mm,
- pořizovací cena: 11 767 Kč.



Obr. 6 – Skládací jeřáb

## 4.3.4 Snímek pracovního dne na obrázcím pracovišti

Tab. 14 - Snímek pracovního dne dělníka na obrázcím pracovišti

Poř. č.	Čas postupný	Čas jednotlivý	Symbol času	Název spotřeby času
1	5:50			Začátek směny
2	6:02	0:12	$t_{C3}$	Čekání na zahřátí stroje
3	6:06	0:04	$t_{A1}$	Přebroušení břitů
4	6:13	0:07	$t_E$	Čekání na jeřáb
5	6:17	0:04	$t_{A1}$	Nasazení nového kusu, upnutí (jeřáb)
6	6:18	0:01	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
7	6:30	0:12	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
8	6:32	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
9	6:44	0:12	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
10	6:46	0:02	$t_{A1}$	Otočení, výměna nástroje, nastavení stroje
11	6:57	0:11	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
12	7:01	0:04	$t_{A1}$	Přebroušení břitů
13	7:03	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
14	7:15	0:12	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
15	7:17	0:02	$t_{A1}$	Sundání obrobku z přípravku
16	7:24	0:07	$t_E$	Čekání na jeřáb
17	7:26	0:02	$t_{A1}$	Uložení obrobku (jeřáb)
18	7:30	0:04	$t_{A1}$	Nasazení nového kusu, upnutí (jeřáb)
19	7:31	0:01	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
20	7:42	0:11	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
21	7:44	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
22	7:56	0:12	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
23	7:59	0:03	$t_{A1}$	Otočení, výměna nástroje, nastavení stroje
24	8:09	0:10	$t_D$	Vyřízení osobních věcí
25	8:21	0:12	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
26	8:24	0:03	$t_{A1}$	Přebroušení břitů
27	8:26	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
28	8:38	0:12	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
29	8:40	0:02	$t_{A1}$	Sundání obrobku z přípravku
30	8:55	0:15	$t_E$	Čekání na jeřáb
31	8:57	0:02	$t_{A1}$	Uložení obrobku (jeřáb)
32	9:00	0:03	$t_{A1}$	Nasazení nového kusu, upnutí (jeřáb)
33	9:01	0:01	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
34	9:13	0:12	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
35	9:15	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
36	9:28	0:13	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
37	9:33	0:05	$t_{A1}$	Přebroušení břitů
38	9:35	0:02	$t_{A1}$	Otočení, výměna nástroje, nastavení stroje
39	9:49	0:14	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
40	9:52	0:03	$t_{A1}$	Přebroušení břitů
41	9:54	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje



42	10:00	0:06	$t_{A1}$	Přebroušení břitu
43	10:30	0:30	$t_2$	Přestávka
44	10:46	0:16	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
45	10:48	0:02	$t_{A1}$	Sundání obrobku z přípravku
46	10:54	0:06	$t_E$	Čekání na jeřáb
47	10:56	0:02	$t_{A1}$	Uložení obrobku (jeřáb)
48	11:00	0:04	$t_{A1}$	Nasazení nového kusu, upnutí (jeřáb)
49	11:01	0:01	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
50	11:15	0:14	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
51	11:17	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
52	11:31	0:14	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
53	11:35	0:04	$t_{A1}$	Otočení, výměna nástroje, nastavení stroje
54	11:47	0:12	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
55	11:49	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
56	12:02	0:13	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
57	12:04	0:02	$t_{A1}$	Sundání obrobku z přípravku
58	12:06	0:02	$t_E$	Čekání na jeřáb
59	12:08	0:02	$t_{A1}$	Uložení obrobku (jeřáb)
60	12:11	0:03	$t_{A1}$	Nasazení nového kusu, upnutí (jeřáb)
61	12:12	0:01	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
62	12:24	0:12	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
63	12:26	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
64	12:41	0:15	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
65	12:44	0:03	$t_{A1}$	Otočení, výměna nástroje, nastavení stroje
66	12:55	0:11	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 14$ mm
67	12:57	0:02	$t_{A1}$	Výměna nástroje, nastavení stroje
68	13:10	0:13	$t_{A3}$	Obrábění drážky – nožem $h = 30$ mm
69	13:12	0:02	$t_{A1}$	Sundání obrobku z přípravku
70	13:17	0:05	$t_E$	Čekání na jeřáb
71	13:19	0:02	$t_{A1}$	Uložení obrobku (jeřáb)
72	13:50	0:31	$t_D$	Pracovník předčasně ukončil směnu
73	13:50			Konec směny

Tab. 15 - Sestavení bilance normovatelného času a ztrát

Bilance skutečné spotřeby času			
Druh času	Symbol času	Minuty	% času směny
Čas jednotkové práce	$T_{A1}$	102	21,25
Čas dávkové práce	$T_{B1}$	0	0
Čas směnové práce	$T_{C1}$	0	0
Čas práce	$T_1$	102	21,25
Čas obecně nutných přestávek	$T_2$	30 (30)	6,25
Čas podmíněně nutných přestávek	$T_3$	265	55,21
Osobní ztráty	$T_D$	41	8,54
Technicko – organizační ztráty	$T_E$	42	8,75
Čas směny	$T$	480	100

Stupeň zaměstnanosti:

$$U_1 = \frac{T_1 + T_2}{T} \cdot 100 = \frac{102 + 30}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{27,5\%}}$$

Podíl podmíněně nutných přestávek:

$$U_2 = \frac{T_3}{T} \cdot 100 = \frac{265}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{55,21\%}}$$

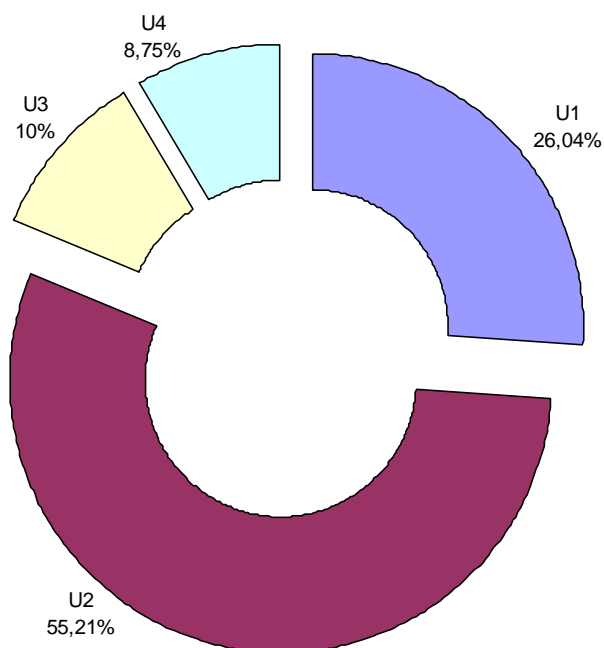
Podíl zbytečné spotřeby času způsobené pracovníkem:

$$U_3 = \frac{T_2 - T_2' + T_D}{T} \cdot 100 = \frac{30 - 30 + 41}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{8,54\%}}$$

Podíl zbytečné spotřeby času způsobené technicko – organizačními ztrátami:

$$U_4 = \frac{T_E}{T} \cdot 100 = \frac{42}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{8,75\%}}$$

Graf 3 – Využití času směny na obrázcím pracovišti



Z vypočtených hodnot a grafu vidíme, že procento zaměstnanosti je okolo 27%. Nejvyšší podíl na spotřebě času má čas podmíněně nutných přestávek. Nenormovatelný čas se na celkové spotřebě podílí zhruba 17%.

Tab. 16 - Srovnání časových norem s časy naměřenými pro snímek pracovního dne

Č.op.	Popis činnosti	Čas [min]	Popis činnosti	Čas [min]
3	Upnutí do přípravku	5	Upnutí do přípravku	3,6
3.1	Obrázení dvou drážek	60	Obrázení dvou drážek	58,4
-	Sundání z přípravku, uložení	5	Sundání z přípravku, uložení	4
-	<b>Součet</b>	<b>70</b>	<b>Součet dle snímku prac. dne</b>	<b>66</b>

Čas ze snímku pracovního dne je téměř shodný se stanovenou normou. Činnosti jako přebroušení břitu a čekání na jeřáb však zde nejsou zohledněny, jelikož jejich odstranění je vyřešeno výše, respektive níže.

Při pohledu na snímek pracovního dne vidíme, že současnou normu směnové výrobnosti 6,61 ks/směnu, i přes předčasné ukončení směny, nebylo možné dodržet. Ve snímku pracovního dne vidíme, často se opakující čekání na jeřáb. Toto čekání vytvořilo technicko – organizační ztrátu 42 minut za směnu. To lze, podobně jako u frézky pro třetí upnutí, vyřešit koupí skládacího jeřábu.

#### **4.4 Racionalizace zavedením metodiky SMED**

##### **4.4.1 Racionalizace na první frézce**

Dalšího zvýšení výkonu je možné dosáhnout zavedením metodiky SMED na pracovišti. Tedy, oddělit práci, která může být během přenastavení stroje vykonána interně (po ukončení provozu zařízení), od práce, kterou je možno vykonat externě (během provozu zařízení) a stanovit pracovní postup tak, že se co jak nejvíc práce bude vykonávat externě.

Přenastavení stroje mezi dvěma operacemi je složeno z těchto bodů:

1. Výměna nástroje
2. Otočení nebo výměna břitových destiček, je-li to potřebné
3. Nastavení stroje pomocí ovládacího panelu.

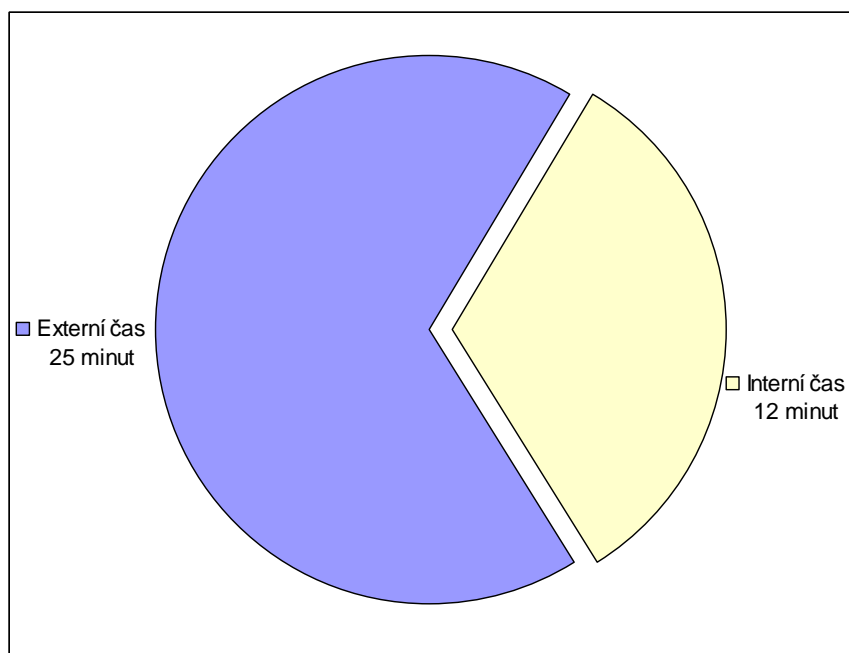
Bod 2. *Otočení nebo výměna břitových destiček, je-li to potřebné*, lze vykonávat když je stroj v provozu, tedy externě. Zatímco bod 1. a 3. musí být vykonávány interně.

Jednotlivá přenastavení jsem použil ze snímku pracovního dne, ve kterém je stroj přenastavován celkem jedenáctkrát. Souhrnné hodnoty jsou zaznamenány v tabulce:

Tab. 17 – Souhrnné přenastavovací hodnoty na frézce pro první upnutí

Název spotřeby času		Čas interní [min]	Čas externí [min]
Přenastavení stroje	Výměna nástroje	5	
	Otočení nebo výměna břitových destiček		25
	Nastavení stroje	7	
Součet		Σ 37 minut	

Graf 4 – Poměr přenastavovacích časů u frézky pro první upnutí



Z grafu vidíme, že přenastavovací čas, lze změnou pracovního postupu snížit o 25 minut za směnu.

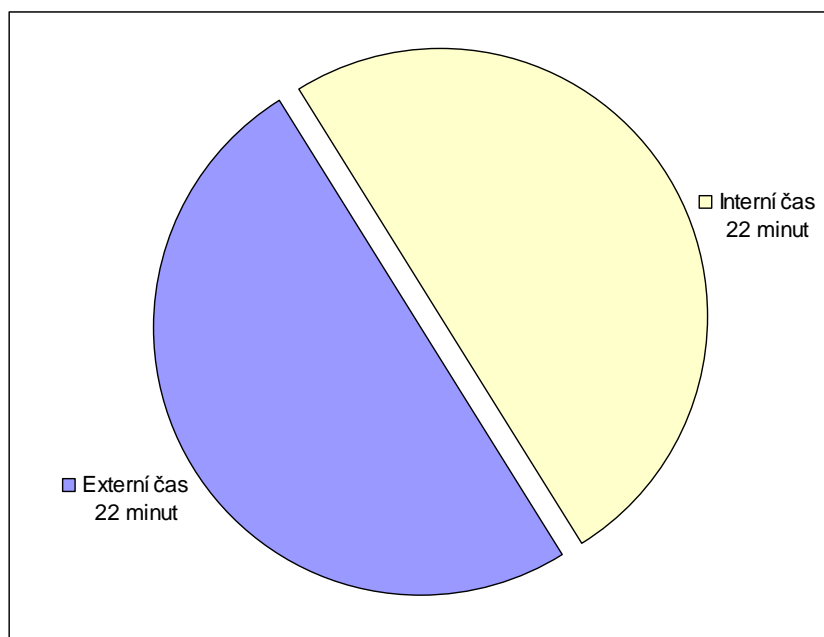
#### 4.4.2 Racionalizace na druhé frézce

Rovněž zde byly jednotlivá přenastavení využity ze snímku pracovního dne, ve kterém je stroj přenastavován celkem osmadvacetkrát. Souhrnné hodnoty jsou zaznamenány v tabulce:

Tab. 18 – Souhrnné přenastavovací hodnoty na frézce pro druhé upnutí

Název spotřeby času		Čas interní [min]	Čas externí [min]
Přenastavení stroje	Výměna nástroje	11	
	Otočení nebo výměna břitových destiček		22
	Nastavení stroje	11	
Součet		Σ 44 minut	

Graf 5 – Poměr přenastavovacích časů u frézky pro druhé upnutí



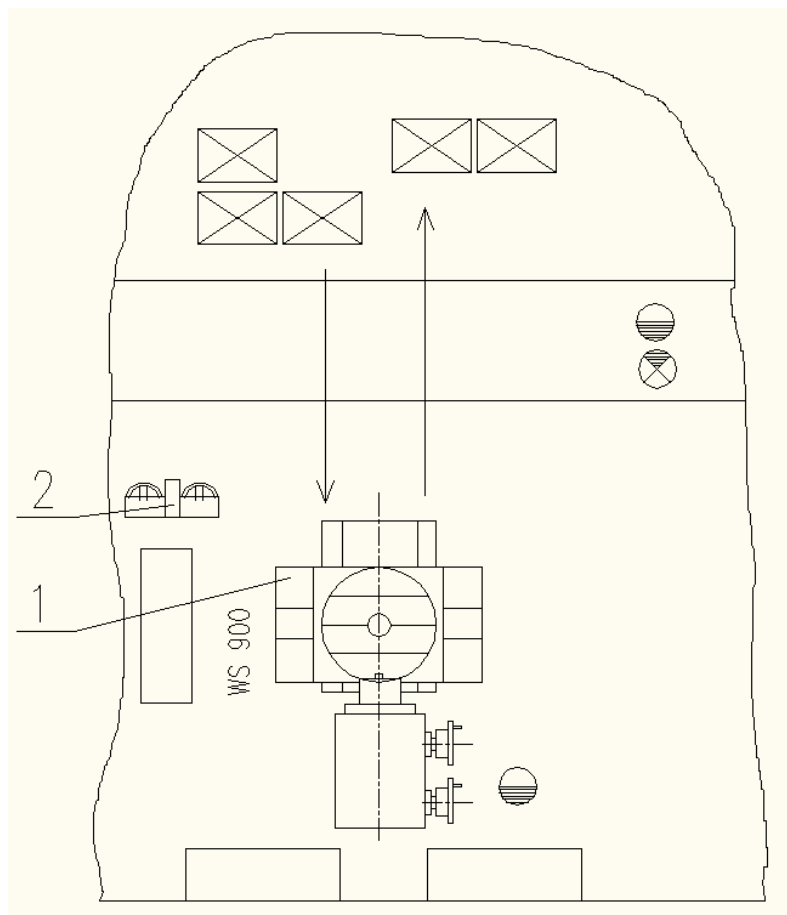
Zavedením metodiky SMED lze ušetřit, na frézce pro druhé upnutí výrobku Eimerschake, 22 minut za směnu.

#### 4.4.3 Racionalizace na obrážecím pracovišti

Přenastavení stroje mezi dvěmi operacemi na obrážecím pracovišti je složeno z těchto bodů:

1. Přebroušení nástroje, je-li potřebné,
2. výměna nástroje,
3. nastavení stroje.

Bod 1. *Přebroušení nástroje, je-li potřebné*, lze provádět externě v případě, že se v blízkosti obrážecího pracoviště umístí bruska. Proto jsem našel místo, které je vhodné, jelikož při přebroušování má pracovník v zorném poli obrážecí stroj (viz obrázek).



Obr. 7 – Obrážecí pracoviště s bruskou

1 – Obrázek

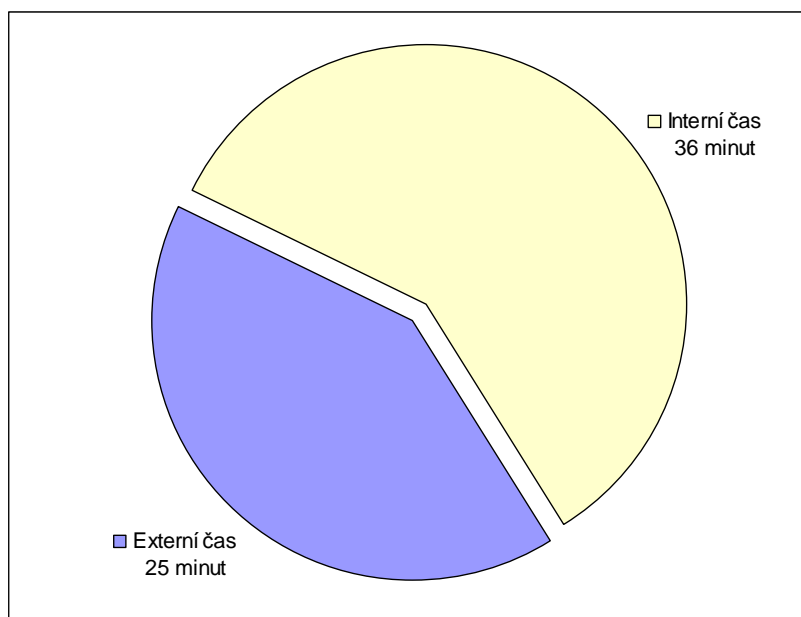
## 2 – Bruska

Jednotlivá přednastavení jsem opět použil ze snímku pracovního dne a shrnuty jsou v následující tabulce:

Tab. 19 – Souhrnné přenastavovací hodnoty na frézce pro druhé upnutí

Název spotřeby času		Čas interní [min]	Čas externí [min]
Přenastavení stroje	Výměna nástroje		25
	Otočení nebo výměna břitových destiček	28	
	Nastavení stroje	8	
	<b>Součet</b>	<b>Σ 61 minut</b>	

Graf 6 – Poměr přenastavovacích časů u frézky pro druhé upnutí



Zavedením metodiky SMED na pracovišti s obrázcím strojem, lze snížit přenastavovací čas o 25 minut.

#### 4.5 Racionalizace rozšířením metodiky 5S

Při zavádění metodiky 5S je předně důležité eliminovat zdroje znečištění. Na všech pracovištích, které jsou využívány k obrábění výrobku Eimerschake, je tímto zdrojem velké množství třísek, jenž při obrábění vzniká. Z technických důvodů na tato pracoviště není možné instalovat, dopravníky, jenž by třísky odváděly. Proto tento problém vyřeším standardy 5S.

Tab. 20 – Standard 5S pro pracoviště s frézkami na první a druhé upnutí

Poř. č.	Co čistit ?	Pomůcky	Jak často?	Čas [min]
1	Upínací plochu stolu	Metla	Po každém opracovaném kusu	2
2	Stroj a blízké okolí	Metla	Na konci každé směny	5
3	Celé pracoviště	Vysavač	1 x 14 dní	20



Tab. 21 – Standard 5S pro pracoviště s frézku na třetí upnutí a obrážecí pracoviště

Poř. č.	Co čistit ?	Pomůcky	Jak často?	Čas [min]
1	Upínací plochu stolu	Metla	Po každém opracovaném kusu	1
2	Stroj a blízké okolí	Metla	Na konci každé směny	5
3	Celé pracoviště	Vysavač	1 x 30 dní	20

Standardy je samozřejmě možné dále doplnit, především vtažením pracovníků do zaváděné racionalizace.

Dalším vhodným bodem, při zavádění metodiky 5S, je zpřehlednit a vizualizovat pracoviště. V současnosti pracovník nemá všechno potřebné nářadí a nástroje (především břitové destičky) v bezprostřední blízkosti. Například, když chce vyměnit břitové destičky, musí je hledat ve skříni, což trvá poměrně dlouho. Proto navrhuji koupi tohoto pracovní stolu, jehož umístění rozhodně považuji za vhodné na pracoviště s frézkami pro první a druhé upnutí, kde dochází často k výměnám nástrojů a břitových destiček.



Obr. 8 – Dílenský stůl s vybavením

Stůl je složen z výrobků od společnosti Enprag, dostupné internetové stránky:  
<http://www.kovovynabytek.cz/>.

Tab. 22 – Sestava dílenského stolu

Název výrobku	Kód produktu	Počet kusů	Rozměry [mm]	Cena (bez DPH)
Dílenský stůl Kovos	DPS 13	2	1610 x 1500	2 x 6 282 Kč
Sada držáků pro Q – systém	1550/01	2	-	2 x 1 322 Kč
Odkládací krabice	1542	2	-	2 x 535 Kč
CNC police	NC 22	2	583 x 407	2 x 1 150 Kč
Plastové lůžko CNC nástroje	ISO	44	100 x 100	44 x 66 Kč
Celková cena				21 482 Kč

## 5. Celkové zhodnocení navrženého řešení

### 5.1 Zhodnocení racionalizace řezných parametrů

Řezné parametry nejsou pevně předepsány. Jejich volba závisí na dělníkovi, jenž stroj obsluhuje. Racionalizace je proto zaměřena na úpravu řezných parametrů. Ta je provedena u těch činností, u nichž je doporučení výrobce břitových destiček.

Tab. 23 – Vyhodnocení racionalizace řezných parametrů

Č. operace	Stávající řezné parametry	Řezné parametry doporučené výrobcem	Zvýšení produktivity změnou řezných parametrů [%]
2.1, 2.10	$n = 200 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 200 \text{ mm/min}$ $a_p = 3 \text{ mm}$	$n = 320 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 720 \text{ mm/min}$ $a_p = 3 \text{ mm}$	72%
2.2	$n = 260 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 300 \text{ mm/min}$ $a_p = 3,5 \text{ mm}$	$n = 560 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 780 \text{ mm/min}$ $a_p = 3,5 \text{ mm}$	60%
2.4	$n = 220 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 45 \text{ mm/min}$ $a_p = 25 \text{ mm}$	$n = 1080 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 140 \text{ mm/min}$ $a_p = 25 \text{ mm}$	69%
2.5	$n = 80 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 22 \text{ mm/min}$ $a_p = 9 \text{ mm}$	$n = 240 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 190 \text{ mm/min}$ $a_p = 9 \text{ mm}$	88%
2.6	$n = 160 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 30 \text{ mm/min}$ $a_p = 0,5 \text{ mm}$	$n = 250 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 100 \text{ mm/min}$ $a_p = 0,5 \text{ mm}$	70%
2.7, 2.11	$n = 16 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 2 \text{ mm/min}$ $a_p = 8 \text{ mm}$	$n = 190 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 76 \text{ mm/min}$ $a_p = 8 \text{ mm}$	97%
2.14	$n = 20 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 50 \text{ mm/min}$ $a_p = 5 \text{ mm}$	$n = 190 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 76 \text{ mm/min}$ $a_p = 5 \text{ mm}$	34%
2.20	$n = 450 \text{ min}^{-1}$ $a_p = 11,5 \text{ mm}$	$n = 2000 \text{ min}^{-1}$ $a_p = 11,5 \text{ mm}$	77%

#### Příklad výpočtu pro bod 2.1, 2.10 dle technologického postupu – Frézování:

Strojní časy pro frézování jsem vypočetl pro teoretický příklad 90 mm frézované délky a 10 mm délky přebíhání frézy, což pro potřebu ukázat zvýšení produktivity změnou řezných parametrů je postačující.

Strojní čas se současnými řeznými parametry:

$$t_s = \frac{(L_F + y) \cdot i}{v_f} = \frac{(90 + 10) \cdot 1}{200} = \underline{\underline{0,5 \text{ min}}}$$

$L_F$  – Frézovaná délka [mm]

$y$  – délka přebíhání frézy [mm]

$i$  – počet záběrů

Strojní čas s parametry doporučenými od výrobce:

$$t_{sd} = \frac{(L_F + y) \cdot i}{v_f} = \frac{(90 + 10) \cdot 1}{720} = \underline{\underline{0,14 \text{ min}}}$$

**Zvýšení produktivity změnou řezných parametrů:**

$$t_x = t_s - t_{sd} = 0,5 - 0,14 = 0,36 \text{ min}$$

$$U_p = \frac{t_x}{t_s} \cdot 100 = \frac{0,36}{0,5} \cdot 100 = \underline{\underline{72\%}}$$

**Příklad výpočtu pro bod 2.4 dle technologického postupu – Vrtání:**

Strojní časy pro vrtání jsem vypočetl pro teoretický příklad 95 mm vrtané hloubky a 5 mm výšky špičky vrtáku, což pro potřebu ukázat zvýšení produktivity změnou řezných parametrů je postačující.

Strojní čas se současnými řeznými parametry:

$$t_s = \frac{(L_V + l_1) \cdot \pi \cdot d}{v_c \cdot f \cdot 1000} = \frac{(95 + 5) \cdot \pi \cdot 50}{34,6 \cdot 0,2 \cdot 1000} = \underline{\underline{2,27 \text{ min}}}$$

$L_V$  – Vrtaná hloubka [mm]

$l_1$  – Výška špičky vrtáku [mm]

$$f = \frac{v_f}{n} = \frac{45}{220} = \underline{\underline{0,2 \text{ mm/s}}}$$

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 220}{1000} = \underline{\underline{34,6 \text{ m/min}}}$$

Strojní čas s parametry doporučenými od výrobce:

$$t_{sd} = \frac{(L_V + l_1) \cdot \pi \cdot d}{v_c \cdot f \cdot 1000} = \frac{(95 + 5) \cdot \pi \cdot 50}{170 \cdot 0,13 \cdot 1000} = \underline{\underline{0,71 \text{ min}}}$$

$$f = \frac{v_f}{n} = \frac{140}{1080} = \underline{\underline{0,13 \text{ mm/s}}}$$

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 1080}{1000} = \underline{\underline{170 \text{ m/min}}}$$

**Zvýšení produktivity změnou řezných parametrů:**

$$t_x = t_s - t_{sd} = 2,27 - 0,71 = 1,56 \text{ min}$$

$$U_p = \frac{t_x}{t_s} \cdot 100 = \frac{1,56}{2,27} \cdot 100 = \underline{\underline{69\%}}$$

Změnou řezných parametrů podle doporučení výrobce břitových destiček lze podstatně snížit strojní časy, jak je patrné z tabulky 23. Přestože výrobce uvádí, že takto stanovené parametry je v některých případech třeba ještě doladit, rozhodně změnu řezných parametrů doporučuji.

**5.2 Zhodnocení racionalizace na první frézce**

Procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbytečné spotřeby času, způsobené pracovníkem:

$$U_5 = \frac{T_2 - T_2' + T_D}{T - (T_2 - T_2' + T_D + T_E)} \cdot 100 = \frac{40 - 30 + 30}{480 - (40 - 30 + 30 + 49)} \cdot 100 = \underline{\underline{10,23\%}}$$

Procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbytečné spotřeby času, způsobené technicko – organizačními ztrátami:

$$U_6 = \frac{T_E}{T - (T_2 - T_2' + T_D + T_E)} \cdot 100 = \frac{49}{480 - (40 - 30 + 30 + 49)} \cdot 100 = \underline{\underline{12,53\%}}$$

Celkové procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním ztrátových časů:

$$U_7 = U_5 + U_6 = 10,23 + 12,53 = \underline{\underline{22,76\%}}$$

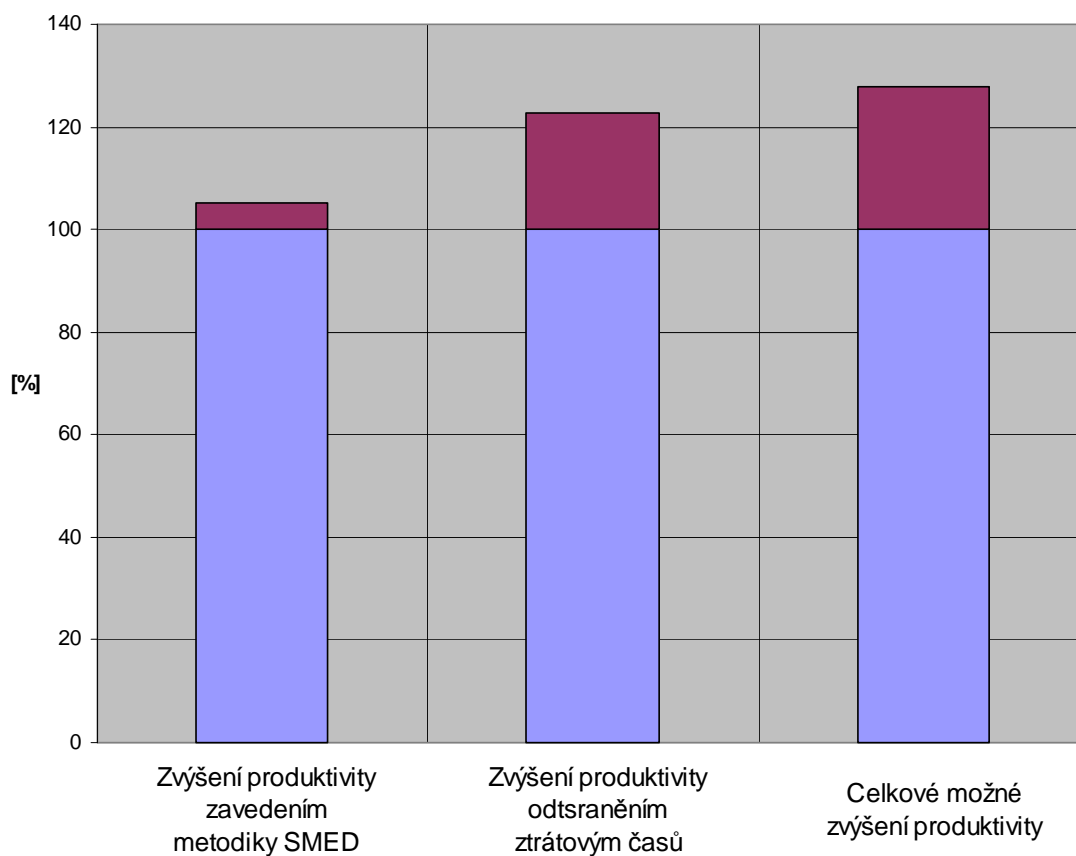
Procento možného zvýšení produktivity zavedením metodiky SMED:

$$U_{\text{SMED}} = \frac{T_{\text{ext}}}{T} \cdot 100 = \frac{25}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{5,21\%}}$$

Celkové procento možného zvýšení produktivity odstraněním ztrátových časů a zavedením metodiky SMED:

$$U_C = U_{\text{SMED}} + U_7 = 5,21 + 22,76 = \underline{\underline{27,97\%}}$$

Graf 7 – Zhodnocení racionalizace na první frézce



Z grafu a vypočtených hodnot lze zjistit, že zavedením metodiky SMED a odstraněním ztrátových časů, lze zvýšit produktivitu pracoviště téměř o 28 %.

### 5.3 Zhodnocení racionalizace na druhé frézce

Procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbytečné spotřeby času, způsobené pracovníkem:

$$U_5 = \frac{T_2 - T_2' + T_D}{T - (T_2 - T_2' + T_D + T_E)} \cdot 100 = \frac{30 - 30 + 45}{480 - (30 - 30 + 45 + 39)} \cdot 100 = \underline{\underline{11,36\%}}$$

Procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbytečné spotřeby času, způsobené technicko – organizačními ztrátami:

$$U_6 = \frac{T_E}{T - (T_2 - T_2' + T_D + T_E)} \cdot 100 = \frac{39}{480 - (30 - 30 + 45 + 39)} \cdot 100 = \underline{\underline{9,85\%}}$$

Celkové procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním ztrátových časů:

$$U_7 = U_5 + U_6 = 11,36 + 9,85 = \underline{\underline{21,21\%}}$$

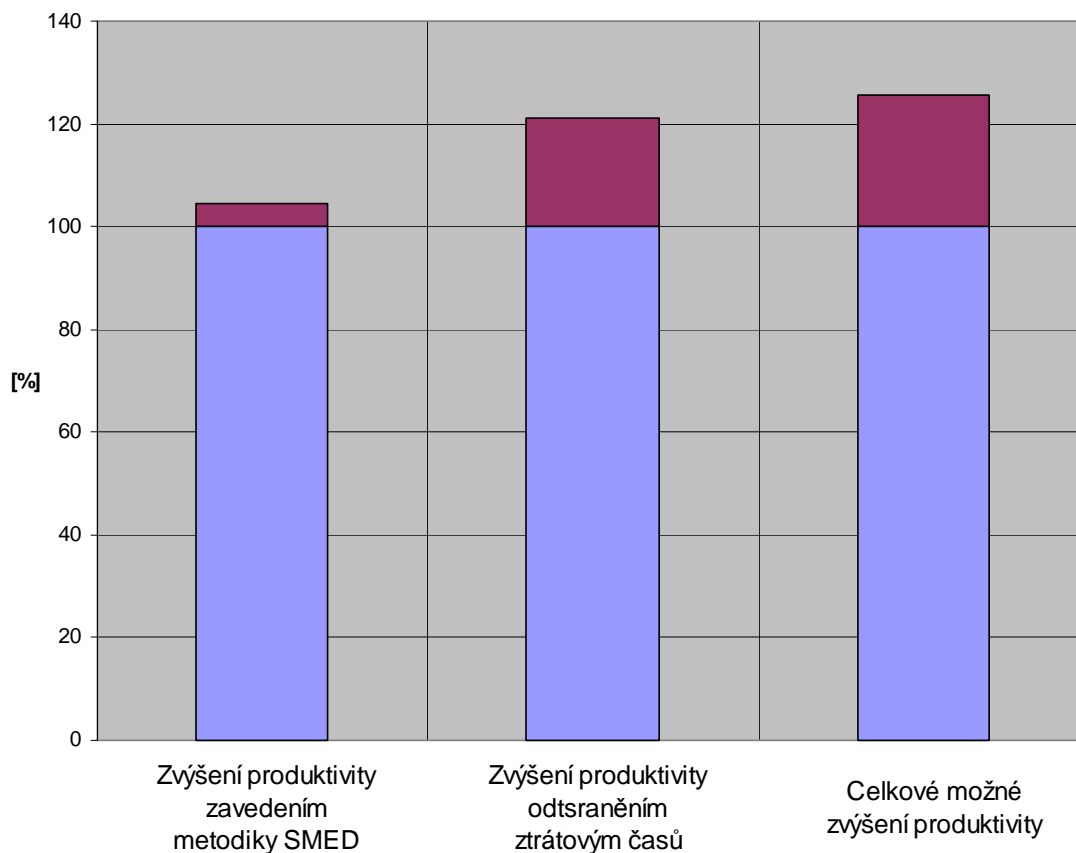
Procento možného zvýšení produktivity zavedením metodiky SMED:

$$U_{SMED} = \frac{T_{ext}}{T} \cdot 100 = \frac{22}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{4,58\%}}$$

Celkové procento možného zvýšení produktivity odstraněním ztrátových časů a zavedením metodiky SMED:

$$U_C = U_{SMED} + U_7 = 4,58 + 21,21 = \underline{\underline{25,79\%}}$$

Graf 8 – Zhodnocení racionalizace na druhé frézce



Zavedením metodiky SMED lze zvýšit produktivitu pracoviště o téměř 5 %. Odstraněním ztrátových časů se zvýší produktivita přibližně o 21 %. Celkem lze takto zvýšit produktivitu až o 25,79 %.

#### 5.4 Zhodnocení racionalizace na třetí frézce

Na pracovišti byla provedena chronometráž, která ukázala, že operace 2.20 dle technologického postupu trvá 11,05 minut. Stávající časová norma pro toto pracoviště je 15 minut. Téměř 4 minuty lze tedy ušetřit v případě, že se odstraní technicko – organizační ztráty: čekání na jeřáb. Proto jsem navrhnul koupi skládacího jeřábu. Možné zvýšení produktivity pracoviště odstraněním technicko – organizačních ztrát:

$$NT_{F3} = N_{F3} - T_{F3} = 15 - 11,05 = \underline{\underline{3,95 \text{ min}}}$$

$$U_{F3} = \frac{NT_{F3}}{N_{F3}} \cdot 100 = \frac{3,95}{15} \cdot 100 = \underline{\underline{26,3\%}}$$



Odstraněním technicko – organizačních ztrát lze zvýšit produktivitu pracoviště s frézku pro třetí upnutí o 26,3 %.

### **5.5 Zhodnocení racionalizace na obrázkém pracovišti**

Procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbytečné spotřeby času, způsobené pracovníkem:

$$U_5 = \frac{T_2 - T_2' + T_D}{T - (T_2 - T_2' + T_D + T_E)} \cdot 100 = \frac{30 - 30 + 41}{480 - (30 - 30 + 41 + 42)} \cdot 100 = \underline{\underline{10,33\%}}$$

Procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbytečné spotřeby času, způsobené technicko – organizačními ztrátami:

$$U_6 = \frac{T_E}{T - (T_2 - T_2' + T_D + T_E)} \cdot 100 = \frac{42}{480 - (30 - 30 + 41 + 42)} \cdot 100 = \underline{\underline{10,58\%}}$$

Celkové procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním ztrátových časů:

$$U_7 = U_5 + U_6 = 10,33 + 10,58 = \underline{\underline{20,91\%}}$$

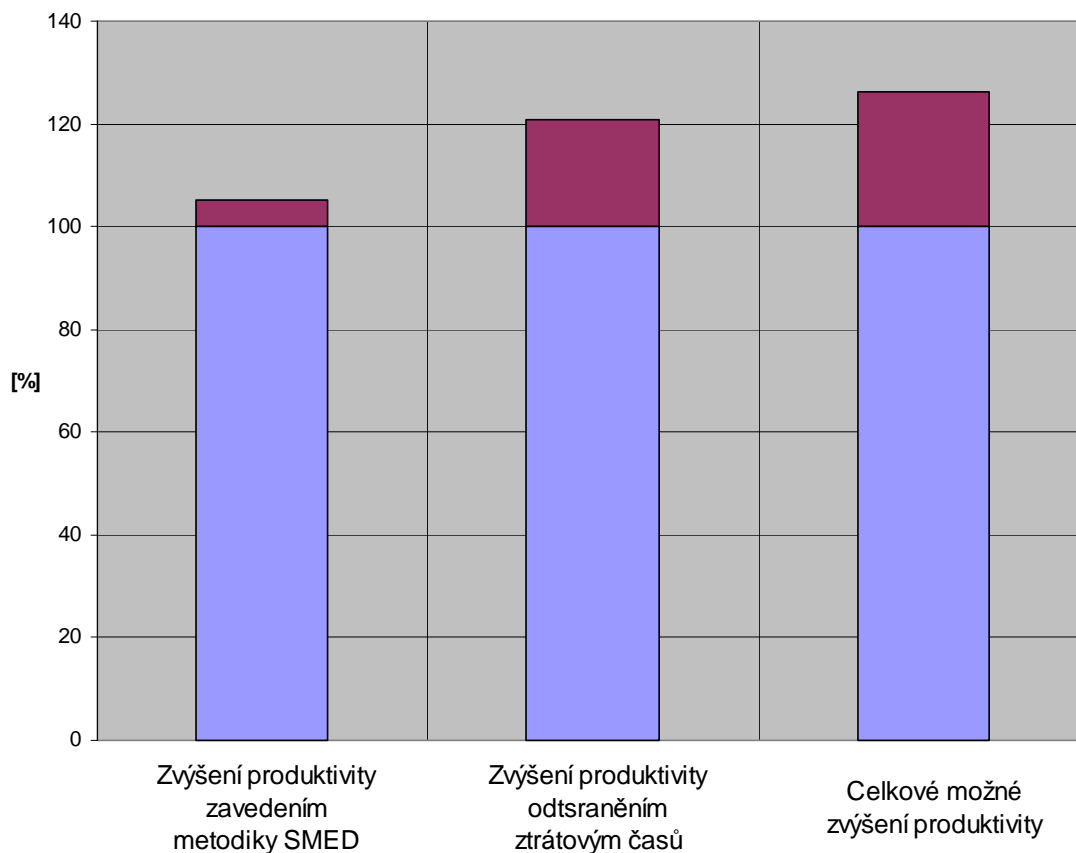
Procento možného zvýšení produktivity zavedením metodiky SMED:

$$U_{SMED} = \frac{T_{ext}}{T} \cdot 100 = \frac{25}{480} \cdot 100 = \underline{\underline{5,21\%}}$$

Celkové procento možného zvýšení produktivity odstraněním ztrátových časů a zavedením metodiky SMED:

$$U_C = U_{SMED} + U_7 = 5,21 + 20,91 = \underline{\underline{26,12\%}}$$

Graf 9 – Zhodnocení racionalizace na obrážecím pracovišti



Zvýšení produktivity o 26 % lze na obrážecím pracovišti dosáhnout zavedením metodiky SMED a odstraněním ztrátových časů. Rovněž zde byla doporučena koupě skládacího jeřábu, jenž by měl eliminovat většinu technicko – organizačních ztrát.

### 5.6 Zhodnocení racionalizace rozšířením metodiky 5S

Zavádění metodiky 5S považuji za vhodné, proto jsem se rozhodnul na ní navázat. Při pozorování jsem si všimnul, že na pracovištích chybí standardy, které by odpovídaly na otázky kdo má co uklízet a jak často. Proto jsem navrhnul standardy pro pracoviště s frézkami a pro obrážecí pracoviště. Ty však nepovažuji za finální verzi a doporučuji standardy dále rozšířit či upravit ve spolupráci s dělníky, jenž tyto pracoviště obsluhují.

Navržený stůl by měl pomoci k přehlednějšímu a vizuálnějším pracovišti, díky kterému odpadnou časové ztráty, jenž jsou způsobené např. hledání břitových destiček, nářadí, měřících pomůcek a podobně.

## **Závěr**

Zadáním mé diplomové práce byla racionalizace ve společnosti Strojírny Třinec, a. s. Racionalizaci jsou zahájil pozorováním pracovišť, které je popsáno v analýze současného stavu. Z pozorování jsem následně specifikoval problémy, jenž vedly k zpomalení, někdy i k úplnému zastavení výrobního procesu. Na některé z nich jsem se v této práci zaměřil a navrhnul jejich řešení.

První návrh se týkal racionalizace řezných podmínek. Řezné parametry při obrábění odlitku nebyly pevně předepsány a záleželo především na dělníkovi při jakých parametrech bylo obrábění prováděno. To mělo za následek často takové řezné parametry, které byly hluboce pod jejich optimální hodnotou. Proto byla u většiny činností provedena racionalizace, dle doporučení výrobce řezných podmínek.

Další návrh se týkal časových norem, jenž se při pozorování zdály značně nadhodnocené. Provedl jsem snímky pracovních dnů a snímek operace vybraných pracovišť, z kterých jsem zjistil, že ztrátové časy na jednotlivých pracovištích se podílí na celkovém času směny z téměř 20%. Následně jsem srovnal časové normy přidělené jednotlivým operacím s časy, jenž jsem naměřil pro snímky pracovních dnů. Ukázalo se, že současné časové normy jsou skutečně nadhodnocené.

Následně jsem navrhnul zavedení metodiky SMED na jednotlivá pracoviště. Při pozorování jsem si všimnul, že některé operace spojené s přenastavením stroje, lze vykonávat během chodu stroje, tedy externě. Určil jsem, které činnosti lze vykonávat externě a spočetl jsem, že zavedením metodiky SMED lze zvýšit produktivitu pracovišť zhruba o 5%.

Jak je zmíněno ve specifikaci problémů, metodika 5S je ve Strojárnách Třinec, a. s. průběžně zaváděna. Na tuto metodiku jsem se ve své práci rozhodnul navázat a navrhnul jsem standardy úklidu jednotlivých pracovišť a sestavu dílenského stolu, jenž by měl přispět ke zpřehlednění pracoviště a zlepšení pracovního prostředí.

V této práci jsem si ověřil, jak se teoretické znalosti získané během mého studia na vysoké škole, dají aplikovat v praxi. V práci jsem se snažil o zavádění takových způsobů řešení, jenž by byly aplikovatelné přímo na daných pracovištích.

## **Seznam použité literatury**

- [1] KOŠTURIÁK, FROLÍK a kol. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. ISBN 80 – 86851 – 38 - 9
- [2] NOVÁK, Josef. *Organizace a řízení*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. 106 s. ISBN 80 – 248 – 1223 – 1
- [3] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I – 1. díl*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2001. 136 s. ISBN 80 – 7078 – 811 - 9
- [4] CHALUPA, M. *Optimalizace pracoviště výroby knižních desek ve Finidru s.r.o.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava. Fakulta strojní. Katedra Mechanické technologie, 2008. 50 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petra Kočiščáková, Ph.D.
- [5] NOVÁK, J. a kol. *Organizace a řízení* [online]. c2007, [cit. 2010-18-4]. Dostupné z <<http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/organizace-a-rizeni.pdf>>.
- [6] NOVÁK, ŠLAMPOVÁ. *Racionalizace výroby* [online]. c2007, [cit. 2010-18-4]. Dostupné z <<http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/racionalizace-vyroby.pdf>>.
- [7] *Strojírny Třinec* [online]. c2010, poslední revize 20. 2. 2010 [cit. 2010-20-4]. Dostupné z <<http://www.strojirnytrinec.cz/cz/index.php?page=history>>.
- [8] *Kovový nábytek Enprag* [online]. c2007, poslední revize 8. 4. 2010 [cit. 2010-28-4]. Dostupné z <<http://www.kovovynabytek.cz/>>.
- [9] *Manutan* [online]. c2008, poslední revize 12. 4. 2010 [cit. 2010-30-4]. Dostupné z <[http://www.manutan.cz/skladaci-jeraby\\_M784050.html](http://www.manutan.cz/skladaci-jeraby_M784050.html)>.
- [10] *Milling 2010 CZ*. Šumperk: Pramet, s. r. o. , 2010. 306s.
- [11] *Turning 2010 CZ*. Šumperk: Pramet, s. r. o. , 2010. 329s.

- [12]      *Vrtáky CZ - EN 2008*. Šumperk: Pramet, s. r. o. , 2008. 30s.
- [13]      *Interní materiály společnosti Strojírny Třinec, a. s.*

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1 – Fotogalerie

Příloha č. 2 – Výkres DP – E1

**Příloha č. 1**

**Fotogalerie:**

- **článek Eimerschake**



- **pracoviště s frézkou pro první upnutí**



- **Vybavení pracoviště s frézku pro první upnutí**





## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svým rodičům, za to že mě po celou dobu mého studia podporovali. Můj velký dík patří také panu doc. Ing. Josefu Novákovi, CSc. za jeho cenné rady. Dále pak Ing. Milanu Čmielovi ze Strojíren Třinec, a. s. za jeho ochotu mi ve všem vyhovět. Nakonec bych chtěl poděkovat všem zaměstnancům v Mechanických dílnách s kterými jsem měl možnost spolupracovat.